Astr. U.
99 m
Lamont

Digitized by Google

22/11 53 cd

<36636616220015

<36636616220015

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Digitized by Google

Astronomie

und

Erdmagnetismus

von

Dr. Lamont,

Direktor der Sternwarte bei München.

Aus der

„Neuen Encyklopädie für Wissenschaften und Künste"

besonders abgedruckt.

Stuttgart.

Verlag der Franckh'schen Buchhandlung.

1851.

102. M.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Einleitung 1

I. Vorkenntnisse.

1. Uebersicht 3
2. Ruhe und Bewegung 3
3. Geradlinige Bewegung 4
4. Drehung oder Rotation 4
5. Parallelismus der Rotationsaxen 5
6. Anziehungskraft, oder allgemeine Gravitation 5
7. Anziehung der Erde 6
8. Die Anziehung nur von der Masse abhängig. Anziehung mehrerer Massen . 7
9. Die Anziehung bedingt die Form der Körper. Anziehung eines Sphäroids . 7
10. Maaß der Anziehung; Bewegung, die sie hervorbringt 8
11. Bewegung in krummlinigen Bahnen 9
12. Bezeichungen der elliptischen Bewegung 10
13. Gesetze der elliptischen Bewegung 10
14. Parabolische Bahnen der Kometen 11
15. Berechnung der Bahnen: Problem der drei Körper; Störungen. . . . 11
16. Störungen von langer Periode 13
17. Bewegung in einer veränderlichen Ellipse: Säcular-Aenderungen . . . 14
18. Anwendung physikalischer Lehrsätze in der Astronomie 16
19. Das Pendel 17
20. Licht und Wärme: ihr Verhalten im Weltraume 18
21. Messung der Lichtstärke 19
22. Das Sehen, scheinbare Größe, und deren Maaß-Angabe 19
23. Scheinbare Gestalt und scheinbare Bewegung 20
24. Modificationen der einfachen Lichtgesetze 21
25. Fernröhre 22
26. Achromatische Fernröhre 22
27. Beurtheilung der Güte eines Fernrohres 23
28. Spiegel-Telescope 24
29. Raumdurchdringende Kraft der Fernröhre 24

II. Uebersicht des Weltgebäudes.

30. Vertheilung der Weltkörper im Raume 26
31. Zusammenhang zwischen den verschiedenen Weltkörpern 27

III. Das Sonnensystem überhaupt.

1. Die Planeten.

32. Zahl der Planeten und ihre Austheilung im Raume 28
33. Allgemeines Gravitations-Gesetz; Bewegung der Planeten 30
34. Anziehung der Sonne durch die Planeten 32
35. Planeten-Störungen nur vorübergehend: Störungen von langer Periode . 33
36. Säcular-Aenderungen; Stabilität des Planeten-Systems 34

2. Monde.

37. Monde; ihre Zahl und Bewegung 35
38. Die Abplattung der Planeten hat auf die Satelliten-Bewegung Einfluß . 36
39. Einfluß der Satelliten auf die Bewegung der Planeten 37

3. Die Kometen.

40. Bahnen der Kometen; ihr Verhältniß zum Sonnen-System . . . 37
41. Das Kometen-System; Vertheilung der Kometen im Raume . . . 38

Digitized by Google

Seite

42. Berechnete Kometenbahnen, Richtung der Bewegung, Entfernung, Umlaufszeit 42
43. Verzeichniß der bisherigen Kometen-Erscheinungen 43
44. Komet von 1770: Zusammenstoß eines Kometen mit der Erde 64
45. Kometen-Störungen 65

4. Muthmaßliche kosmische Körper.

46. Verschiedene Körper, im Weltraume vorhanden 66
47. Der Aether als Träger des Lichtes, der Wärme, der Gravitation . . . 67
48. Der Aether als widerstehendes Mittel 68
49. Das Zodiacallicht 68
50. Sternschnuppen und Meteore 69

5. Stellung des Sonnensystems im Weltraume.

51. Das Sonnensystem bewegt sich im Raume vorwärts 71

IV. Verhältnisse und Beschaffenheit der einzelnen Körper des Sonnensystems.

1. Die Sonne.

52. Größe der Sonne; Kern; leuchtende Hülle 72
53. Sonnenflecken 74
54. Perioden der Sonnenflecken, Einfluß auf die Witterung 74
55. Ungleiche Erwärmungs- und Leuchtkraft der Sonnen-Oberfläche . . . 75
56. Vermuthungen über Veränderlichkeit der Größe und Kraft der Sonne . . 76

2. Mercur.

57. Verhältnisse und Beschaffenheit des Mercur 77

3. Venus.

58. Verhältnisse und Beschaffenheit der Venus 78

4. Erde.

59. Form und Verhältnisse der Erde 79
60. Bestandtheile der Erde; der Kern 80
61. Das Meer 81
62. Die Atmosphäre 82
63. Magnetismus der Erde 84

5. Der Mond.

64. Gestalt und Umdrehung 84
65. Oberfläche 85
66. Beleuchtung 87

6. Mars.

67. Verhältnisse und Beschaffenheit des Mars 87

7. Asteroiden.

68. Beschaffenheit der Asteroiden 88
69. Hypothese von Olbers 89

8. Jupiter.

70. Verhältnisse und Beschaffenheit des Jupiters 90

9. Saturn.

71. Verhältnisse und Beschaffenheit des Saturn 91

10. Uranus und Neptun.

72. Verhältnisse und Beschaffenheit des Uranus und Neptun 93

11. Beschaffenheit der Kometen.

73. Verschiedenheit der Kometen- und Planeten-Beschaffenheit 94
74. Allgemeine Form der Kometen 95
75. Der Kern und die umgebende Nebelhülle 96
76. Der Schweif 96
77. Das Licht der Kometen 97
78. Verschiedenheit der scheinbaren Gestalt 98
79. Größe der Kometen 99
80. Der Halley'sche Komet im Jahre 1835—36 100
81. Theilung der Kometen 102
82. Stoffe der Kometen und wirkende Kräfte 103
83. Mögliche Auflösung der Kometen oder künftige Verwandlung in Planeten . 104

V. Uebersicht des Planeten-Systems mit Rücksicht auf Bewohnbarkeit.

84. Das Verhältniß des Menschen zum Weltgebäude 105
85. Licht und Wärme im Planeten-System 105
86. Die Schwere 106
87. Luft und Wasser 107

Digitized by Google

Seite

VI. Ursprung des Planeten-Systems.

88. Urzustand 108
89. Plateau's Versuch 108
90. Specielle Bedingungen 109
91. Hypothese von Laplace 109
92. Philosophische und geologische Hypothesen 110
93. Wissenschaftlicher Werth cosmogenischer Versuche 110

VII. Fixsterne überhaupt.

94. Gestalt und Ausdehnung unsers Sternsystems nach Herschel . . . 111
95. Nebelflecken und ihr Verhältniß zum Universum 112
96. Eine zweite Theorie des Universums, von Herschel aufgestellt . . . 112
97. Struve's Untersuchungen; Absorption des Sternlichtes 113
98. Absolute Entfernung der Fixsterne 114
99. Die Centralsonne 115
100. Unsicherheit der bisherigen Resultate 116

VIII. Eigenthümlichkeiten der Sterne.

101. Eintheilung 117
102. Sterne mit großer eigener Bewegung, und Sterne mit veränderlicher Bewegung 117
103. Helligkeit oder Größe der Sterne 118
104. Farbe der Sterne; Farben-Aenderung 119
105. Lichtwechsel der Sterne 120
106. Verlorene Sterne; neue Sterne 122
107. Doppelsterne 123
108. Bahnen der Doppelsterne 125
109. Mehrfache Sterne 126
110. Verzeichniß einiger merkwürdigen Doppelsterne 227
111. Sternhaufen und Nebelflecken 134
112. Verzeichniß der vorzüglichsten Nebelflecken und Sternhaufen . . . 135

IX. Das Licht der Sterne.

113. Die Fortpflanzung des Lichts braucht Zeit 141
114. Aberration des Lichts 143
115. Zusammenhang von Bewegung und Farbe 144

X. Das Weltsystem von der Erde aus beobachtet.

116. Das Himmels-Gewölbe; Sternbilder, Sternnamen 145
117. Scheinbare Bewegung des Himmels-Gewölbes 147
118. Scheinbare Bewegung der Planeten 147

XI. Bedeutung der Himmelskörper für die Erdbewohner.

1. Bedeutung der Fixsterne, Planeten und Kometen.

119. Bedeutung der Fixsterne 149
120. Bedeutung der Planeten und Kometen für die Erdbewohner . . . 149

2. Bedeutung von Sonne und Mond für die Erdbewohner.

121. Beleuchtung der Erde 150
122. Erwärmung der Erde 151
123. Künftige Aenderung der Beleuchtung und Erwärmung 152
124. Zeiteintheilung: Jahre 152
125. Zeiteintheilung: Tage und Stunden 153

XII. Besondere Erscheinungen.

126. Verschiedene Wichtigkeit der Erscheinungen 155
127. Finsternisse überhaupt 155
128. Mondfinsternisse 155
129. Finsternisse der Jupiters-, Saturns- und Uranus-Trabanten . . . 156
130. Bedeckungen 157
131. Sonnenfinsternisse 157
132. Lichtpunkte bei Bildung und Berechnung des Rings 158
133. Lichtkranz bei totalen Finsternissen 159
134. Violetter Schein am Mondrande 159
135. Violette Lichtpunkte am Mondrande 159

Digitized by Google

Seite

136. Sonnen-Atmosphäre 160
137. Eindruck totaler Sonnenfinsternisse 161
138. Mercur- und Venus-Durchgänge 162
139. Besondere Erscheinungen beim Ein- und Austritte der Venus . . . 163
140. Stern- und Planeten-Bedeckungen durch den Mond; Bedeckungen durch die Planeten 164

XIII. Sternwarten.

141. Zweck der Sternwarten 165
142. Beschreibung einer Sternwarte: Beobachtungen 166
143. Theoretische Benützung der Beobachtungen 167
144. Meridian-Instrumente 168
145. Refractoren 169
146. Ausführung astronomischer Arbeiten 170
147. Kosten einer Sternwarte 171
148. Verzeichniß europäischer Sternwarten 173
149. Americanische Sternwarten 175
150. Vertheilung der Sternwarten 176
151. Wirksamkeit der Sternwarten 176

XIV. Geschichte der Astronomie.

152. Eintheilung nach Perioden 177
153. Eigenthümliche Förderungsweise der Astronomie; ihre Verbindung mit der Astrologie 178

1. Erste Periode: von den frühesten Zeiten bis zur Gründung der Alexandrinischen Schule — vereinzelte Beobachtungen und Lehrsätze.

154. Sonnen- und Mondperioden 182
155. Astronomische Beobachtungen der Chinesen 183
156. Speculationen und Beobachtungen der Griechen 183
157. Sternbilder ungewissen Ursprungs 184
158. Messungs-Mittel 184

2. Zweite Periode: von der Gründung der Alexandrinischen Schule bis zur Wiedererwachung der Wissenschaften im Abendlande — systematische Arbeiten unter Voraussetzung des Ptolomäischen Systems.

159. Uebersicht dieser Periode 185
160. Gründung der Alexandrinischen Schule; die ersten Astronomen . . . 185
161. Eratosthenes 186
162. Hypparchus 186
163. Posidonius, Cleomedes 187
164. Ptolomäus 188
165. Verfall der Alexandrinischen Schule 190
166. Ulugh Beigh 191

3. Dritte Periode: von der Wiedererwachung der Wissenschaften im Abendlande bis zum Anfange des 17. Jahrhunderts — Gründung des richtigen Systems der Astronomie, und Kämpfe zu dessen Befestigung.

167. Anfang der wissenschaftlichen Regsamkeit in allen Theilen von Europa . . 191
168. Peurbach und Regiomontan, Deutschland und Italien 192
169. Nicolaus Copernicus 192
170. Zeitgenossen und nächste Nachfolger des Copernicus, Wilhelm Landgraf von Hessen, Tycho de Brahe 195
171. Keyler 197
172. Das Fernrohr; Galilei 198
173. Hevelius, Dörfel, Huygens 199
174. Dom. Cassini, Römer 199
175. Newton 200
176. Flamsteed, Halley 202
177. Bradley 203

4. Vierte Periode: vom Anfange des 17. Jahrhunderts bis auf die neueste Zeit — methodische Ausbildung der Astronomie.

178. Eintheilung 203

a. Theorie.

179. Vervollkommnung der Theorie 204
180. Planeten-Störungen 205
181. Laplace 205
182. Kometen- und Planeten-Bahnen; Olbers, Gauß 206

Digitized by Google

Seite

183. Mondtheorie 207
184. Kometen-Störungen 207
185. Planeten-Tafeln 207
186. Ephemeriden 207

b. Beobachtungen.

187. Wichtigkeit der Beobachtungen 208
188. Fixsterne-Oerter 208
189. Sonnen-Mond-Planeten-Beobachtungen 210
190. Kometen-Beobachtungen 210
191. Telescop- und Refractor-Beobachtungen, die beiden Herschel, Struve, Lord Rosse 211
192. Oberflächen der Himmelskörper, Selenographie 212

c. Entdeckung neuer Planeten.

193. Uranus von Herschel entdeckt 212
194. Ceres von Piazzi entdeckt 213
195. Pallas von Olbers entdeckt 214
196. Juno von Harding entdeckt 213
197. Vesta von Olbers entdeckt 214
198. Asträa von Henke entdeckt 215
199. Neptun von Leverrier berechnet, von Galle aufgefunden 215
200. Hebe von Henke entdeckt 218
201. Iris und Flora von Hind, Metis von Graham entdeckt 218

d. Astronomische Untersuchungen des Erdkörpers.

1. Größe und Gestalt der Erde.

202. Untersuchung der Erd-Dimensionen 219
203. Die Erde als Sphäroid erkannt, Gradmessungen 220
204. Große französische Gradmessung; Meter 221
205. Resultat der bisherigen Gradmessungen nach Bessel 222
206. Pendelmessungen 222

2. Mittlere Dichtigkeit der Erde.

207. Anziehung der Berge 222
208. Drehwaage 224

3. Geographische Ortsbestimmungen.

209. Blickfeuer 225
210. Sonnenfinsternisse, Sternbedeckungen, Mondsterne 225
211. Chronometer-Expeditionen; electrische Telegraphen 226

e. Unfruchtbare und excentrische Bestrebungen im Gebiete der Astronomie.

212. Abwege in der Wissenschaft 227
213. Excentrisch bearbeitete Probleme 227
214. Unhaltbarkeit der bisherigen cosmogenischen Versuche 228
215. Unsicherheit der bisherigen Speculationen über Bewohnbarkeit der Planeten 229
216. Zwecklose Bemühungen mancher Liebhaber der Astronomie 230

f. Mechanische und optische Instrumente.

217. Dollond, Ramsden, Harrison 231
218. Reichenbach, Fraunhofer 232
219. Die Institute von Reichenbach und Fraunhofer, fortgesetzt von Ertel und Merz; Fortschritte in der genauen Mechanik 234
220. Künftige Aussichten 235

g. Astronomischer Verkehr und Wege astronomischer Mittheilung.

221. Verhältnisse der frühern Zeit 236
222. v. Zach, v. Lindenau, Bohnenberger 236
223. Verbindung zwischen den Sternwarten 238

h. Populäre Astronomie.

224. Verschiedene populäre Schriften 238
225. Verschiedene Grade der Popularität 241

Anhang.

Magnetismus der Erde.

I. Vorbegriffe.

226. Begriff vom Magnetismus 242
227. Erläuterung der magnetischen Gesetze 243
228. Messung des Magnetismus 244

Digitized by Google

Seite

229. Messung der Richtung, und Messung der Kraft 244
230. Kraftmessung durch Torsion, durch Schwingungen und durch Ablenkungen . . . 245
231. Relative und absolute Messung: magnetische Einheit 246
232. Vorkommen der magnetischen Kraft in der Natur 247
233. Permanenter und inducirter Magnetismus 247
234. Magnetismus durch den galvanischen Strom und durch die Wärme; Diamagnetismus 248

II. Geschichte.

235. Aelteste Geschichte 249
236. Abweichung (Declination) und Neigung (Inclination) der Nadel im 15. bis 16. Jahrhunderte erkannt 250
237. Säcular-Aenderung im 16. Jahrhunderte wahrgenommen, im 17. Jahrhunderte erkannt 250
238. Halley 251
239. Tägliche Bewegung der Nadel. Messungen bis Ende des 18. Jahrhunderts . 251
240. Magnetische Thätigkeit des 19. Jahrhunderts; A. v. Humboldt . . . 252
241. Tägliche Bewegung der Intensität und Inclination 252
242. Großartige magnetische Unternehmungen der neuesten Zeit: Gauß . . . 253
243. Brittische und russische Observatorien: magnetische Expeditionen . . . 255
244. Bemerkung über den bisherigen Erfolg der magnetischen Observatorien . . 256

III. Theorie des Erdmagnetismus.

245. Gegensatz astronomischer und meteorologischer Fächer 257
246. Speculationen über die Natur und Vertheilung des Erdmagnetismus . . 257
247. Vertheilung des Erdmagnetismus: Theorie von Gauß 258
248. Normaler Stand und Abweichungen 261
249. Säcular-Aenderungen 266
250. Tägliche Periode 267
251. Ursache der täglichen Periode 268
252. Tägliche Bewegung an verschiedenen Punkten der Erde 269
253. Tägliche Periode 9 Jahre zu- und 9 Jahre abnehmend 269
254. Hansteens 19jährige Periode der Intensität 270
255. Magnetische Störungen 270
256. Bemerkungen über Entstehung und Form magnetischer Störungen . . 271
257. Magnetische Störungen überall gleichzeitig, Bewegungen nicht parallel . . 272
258. Modificationen von Süd nach Nord 273
259. Modificationen von Ost nach West 274
260. Tägliche Periode der Störungen 275
261. Zusammenhang magnetischer Störungen mit andern Erscheinungen . . . 277

Schluß 278

Digitized by Google

Einleitung.

Daß ein Naturforscher, der aus fremden Welttheilen zurückkehrt, gerade keine besondere Schwierigkeit darin findet, die Ergebnisse seiner Wanderung allgemein verständlich zu entwickeln, möchte wohl von Niemanden in Abrede gestellt werden, und scheint auch in der großen Anzahl von Beispielen, wo dieß mit Erfolg geschehen ist, eine Bestätigung zu finden. Der Astronom ist in mehr als einer Beziehung mit dem ferngereisten Naturforscher in dieselbe Kategorie zu stellen: gleich diesem hat er Wege betreten, die weit von dem gewöhnlichen Pfade der Weltbewegung sich entfernen, hat die Räume des Himmels durchgemustert, Formen und Verhältnisse untersucht und die wundervollen Gesetze, die da mit ewiger Consequenz durchgeführt werden, in ihren verschiedenen Verzweigungen verfolgt. Man sollte glauben, daß er das, was er gesehen und erkannt hat, eben so leicht wie der Naturforscher zu allgemeinem Verständnisse darzulegen im Stande sein müsse. Jedermann weiß indessen, daß dieß nicht der Fall ist. Man wird vielleicht sagen, daß die Schwierigkeit im Stoffe selbst liege; daß es leichter sei, Pflanzen und Thiere, überhaupt Naturgebilde, ähnlich denen, die wir täglich vor Augen haben, zu erklären, als die Verhältnisse des Sternenhimmels, dem man im gewöhnlichen Leben wenig Aufmerksamkeit zu widmen gewohnt ist. Ich muß indessen bemerken, daß die Vorstellungen, die in der Astronomie vorkommen — Figur und Beschaffenheit der Weltkörper, ihre Austheilung im Raume, ihre Bewegung und gegenseitige Abhängigkeit — mit irdischen Verhältnissen wohl eben so viel Analogie haben, als die Produkte verschiedener Welttheile mit einander, daß sie, mehr oder weniger, jedem von Jugend auf geläufig sind, und durchaus nichts schwer Begreifliches enthalten. Der Grund, warum astronomische Mittheilungen so viele Schwierigkeit darbieten, liegt, wie ich glaube, hauptsächlich nur darin, daß die Astronomen nicht wie die Naturforscher auf die *Resultate* sich beschränken, sondern eine Erklärung der meistens sehr verwickelten Mittel und Wege *überall* voranzustellen für nothwendig halten. Von der Zweckmäßigkeit dieses Verfahrens kann ich mich nun in keiner Weise überzeugen; ich halte vielmehr die Ansicht fest, daß, während die Kenntniß der *Resultate* und die Kenntniß der Mittel und Wege dem Fachgelehrten gleich wichtig und nothwendig erscheinen müssen, für denjenigen, der blos den Stand der Wissenschaft überhaupt kennen, aber nicht mit ihrer Erweiterung sich befassen will, die Mittel und Wege — also in der Astronomie der Kalkul, die Instrumente und die Regeln ihrer Anwendung — ungezweifelt von untergeordnetem Interesse sind. Dabei stelle ich keineswegs

in Abrede, daß es wünschenswerth wäre, auch für populäre Belehrung eine allgemeine Vorstellung von der Theorie der Instrumente und von den Methoden des Kalkuls zu geben, sobald die speciellen Kenntnisse, die zu ihrer Auffassung gehören, bei den Lesern vorausgesetzt werden dürfen. Allerdings strebt man nun in unserem Jahrhundert, solchen Kenntnissen allgemeinere Vorbereitung zu geben, und diejenigen, welche mit der Idee eines unablässigen Fortschreitens der Erziehung und Kultur sich befassen, mögen gar wohl ein künftiges Zeitalter sich vorstellen, wo die allgemeine Bildung eine solche Stufe erreicht hat; daß die Grundgedanken einer höchst verfeinerten Mechanik (wie sie in der Astronomie in Anwendung kommt) sowohl, als der mathematische Entwickelungsgang, in die gewöhnliche Sprache übergetragen, Verständniß und Interesse finden, und wo demnach von dem Astronomen zu erwarten ist, daß er auch dem größeren Publikum gegenüber in eine genauere Erklärung der Instrumente und des Kalkuls eingehe; in der Zeit, in welcher *wir* leben, kämen solche Erklärungen, nach meiner Ueberzeugung, entschieden zu früh.

Da die in folgenden Blättern enthaltene Darstellung der Astronomie für ein größeres Publikum berechnet ist, so hielt ich es für zweckmäßig, der angedeuteten Ansicht zufolge, vorzugsweise die Resultate — das, was durch die Bemühungen der Astronomen bisher erreicht worden ist oder zunächst erreicht werden soll — in den Vordergrund zu stellen; Instrumente und Kalkul dagegen, nur in so weit es unumgänglich nothwendig war, zu erwähnen: in Folge dessen fällt auch die in manchen populären Werken weitläufig ausgedehnte Erklärung technischer Ausdrücke, die blos für den Fachgelehrten eine Bedeutung haben, gänzlich weg.

Der besondere Gesichtspunkt, unter welchem ich das Lehrgebäude der Astronomie darzustellen gesucht habe, mußte wesentliche Abweichungen von dem gewöhnlichen Gange herbeiführen, ich halte es deßhalb für zweckmäßig, dem geneigten Leser hier im Voraus eine Uebersicht oder wenigstens eine allgemeine Andeutung des Inhalts und der Entwickelungsweise in Kürze zu geben. Anstatt von den Erscheinungen auszugehen, und sie auf die wirkenden Kräfte zurückzuführen — anstatt gleichsam auf die Bewegung der Zeiger einer Uhr hinzudeuten und zu erklären, wie diese Bewegung durch ein höchst künstliches, hinter dem Zifferblatt befindliches Räderwerk zu Stande gebracht wird — gehe ich unmittelbar vom Uhrwerke selbst aus; ich weise das Gewicht, welches die Uhr in Bewegung setzt, ich weise das Ineinandergreifen der Räder und die Verbindung der Zeiger mit dem Räderwerk nach; ich erwähne endlich einige der merkwürdigen Stellungen der Zeiger, überlasse aber die umständliche Erklärung der Zeigerbewegung Jedem selbst: mit andern Worten, ich zeige, wie die Sonne, die Planeten, die Fixsterne im Raume vertheilt sind, welche Bahnen sie befolgen, und nach welchen Gesetzen die Bewegung sich richtet; am Ende deute ich an, wie das Weltgebäude, von der Erde aus betrachtet, sich darstellen muß, ohne übrigens in das endlose Detail der Erscheinungen einzugehen, und Erklärungen scheinbarer Bewegungen und scheinbarer Stellungen auf einander zu häufen, die *ohne Nachdenken* nicht begriffen werden können, und die Jeder, dem die *wirklichen* Raumverhältnisse bekannt sind, selbst *mit einigem Nachdenken* zu finden im Stande ist.

Die verschiedenen Sätze aus den Hülfswissenschaften der Astronomie, worauf ich mich berufe, hatte ich ursprünglich im Verlaufe der Darstellung, wo sie eben vorkamen, erklärt, hielt es aber zuletzt für zweckmäßiger, sie zusammen unter der Aufschrift „Vorkenntnisse“ vorangehen zu lassen. Es folgt daraus, daß man dieses Kapitel im Zusammenhange lesen, oder auch, wo auf einzelne

Digitized by Google

Sätze verwiesen wird, nachsehen kann. Auch die tabellarischen Zusammenstellungen kamen ursprünglich unter verschiedenen Abschnitten vor, wurden aber dann am Ende zusammengetragen, weil sie unabhängig vom Texte manche Anwendung finden können.

Eine kurze Geschichte der Astronomie ist am Ende beigefügt, und dabei vorzugsweise der Zweck im Auge behalten worden, die wichtigsten astronomischen Lehrsätze durch nähere Andeutung der Art und Weise, wie man zu ihrer Entdeckung gelangt ist, zu erklären. Dieser Zweck machte es nothwendig, der Geschichte am Ende und nicht am Anfange ihren Platz anzuweisen.

Die Astronomie bildet jetzt noch, wie es in jedem Zeitalter der Fall war, gewissermaßen eine öffentliche Angelegenheit, und kann nur da gedeihen, wo ihr öffentliche Förderung zu Theil wird: daß also eine richtige Beurtheilung und Würdigung astronomischer Bestrebungen und Anstalten unter dem gebildeten Publikum sich feststelle, liegt im Interesse der Wissenschaft selbst, und man wird, wie ich hoffe, mit Rücksicht auf diesen Umstand, es nicht als ungeeignet betrachten, wenn ich mancherlei hieher gehörige Verhältnisse und Ansichten, die gewöhnlich in astronomischen Lehrgebäuden nicht berücksichtigt zu werden pflegen, im Verlaufe der Darstellung berührt habe.

I. Vorkenntnisse.

1. Uebersicht. Der Astronomie gehört im strengen Sinne nur der Stoff des Weltgebäudes, — die Gestirne —, und deren Anordnung im Raume: in so ferne wäre sie eigentlich blos eine beschreibende Wissenschaft, wie z. B. die Botanik, welche die Pflanzen ihren Eigenschaften nach näher bezeichnet und klassificirt. Die Astronomie bleibt aber nicht gleich der Botanik bei dem Stoffe, wie er gegeben ist, stehen, sondern sie ergründet die Aenderungen, die darin vorgehen, den Zusammenhang und die Gesetze, welche diesen Aenderungen zu Grunde liegen und zieht deßhalb aus der reinen Mathematik, der Mechanik, der Optik eine Menge Sätze, deren sie bedarf, herbei: man kann sogar sagen, daß bei weitem der größte Theil der eben erwähnten Wissenschaften blos für die Astronomie ausgebildet worden ist. Ich setze nicht voraus, daß der Leser in diesen Wissenschaften speciell bewandert sei, und will deßhalb hier einige zum Verständnisse des Folgenden, nöthige Erklärungen geben.

2. Ruhe und Bewegung. Die Untersuchung des Himmels befaßt sich wohl zum größten Theile mit Ruhe und Bewegung. Die Erscheinungen, die uns alle Tage auf der Erde vorkommen, geben uns von beiden eine vollkommen richtige Idee; dessen ungeachtet finden es viele schwer, Ruhe und Bewegung, wie wir am Himmel sie wahrnehmen, zu begreifen, weil die Verhältnisse — und eben so auch der Erfolg — in mancherlei Hinsicht verschieden sind von denen, die wir auf der Erde beobachten. Es scheint nun vor Allem zweckmäßig, diese Verschiedenheiten hervorzuheben. Für's Erste ist es schon ein eigenthümliches Verhältniß, daß die Himmelskörper, ungeachtet sie so gewaltig schwere Massen sind, dennoch frei im Raume schweben können. Auf der Erde sind wir gewohnt, jeden schweren Körper, wenn er nicht unterstützt wird, augenblicklich zu Boden fallen zu sehen. Schon unter den griechischen

Digitized by Google

Philosophen ist viel hierüber nachgedacht worden, und während einige auf die sonderlichsten Ansichten gekommen sind — Ansichten, die, im Vorübergehen sei es gesagt, noch bis auf Tycho's Zeit sich fortgepflanzt haben — ist von andern ganz richtig erkannt worden, daß die Tendenz, zu Boden zu fallen, nur durch die eigenthümlichen auf der Erde bestehenden Verhältnisse bedingt ist, und jeder Körper, so schwer er auch immer sein möge, schweben müsse, wenn keine Ursache vorhanden wäre, warum er eher nach der einen, als nach der andern Seite sich bewegen sollte. Wir sehen übrigens auch auf der Erde manche analoge Erscheinungen. Eine Metallkugel fällt im Wasser zu Boden, eine hölzerne Kugel bleibt an der Oberfläche oder sucht, wenn sie untergetaucht wird, die Oberfläche zu gewinnen; bringt man aber eine Wachskugel oder auch eine Metallkugel, die so weit ausgehöhlt ist, daß sie genau das specifische Gewicht des Wassers hat, in ein großes mit Wasser gefülltes Gefäß, so bleibt sie überall stehen, wo man sie hinstellt, sie schwebt frei im Wasser und fällt weder zu Boden, noch geht sie in die Höhe, der Oberfläche zu. Durch das Wasser ist die Wirkung der Schwerkraft aufgehoben, und der Erfolg bleibt derselbe, als wenn Wasser und Schwerkraft zugleich verschwänden.

3. Geradlinige Bewegung. Man denke sich nun eine solche Wachs- oder hohle Metallkugel in einer unbegränzten Wassermasse, die Wassermasse vollkommen ruhig, und die Kugel unbeweglich darin schwebend. Man gebe der Kugel einen Stoß nach irgend einer Richtung, so fängt sie an, in gerader Linie sich zu bewegen, kommt indessen bald zur Ruhe, weil der Widerstand des Wassers sie aufhält. Hier haben wir wieder ein Verhältniß, das im Himmelsraume nicht vorkommt: es gibt da keinen Widerstand und folglich auch kein Aufhören der einmal angefangenen Bewegung. Wir mögen auf der Erde einem Körper eine geradlinige Bewegung geben, auf welche Weise wir wollen, so kommt er nicht weit, weil ihn Reibung oder Widerstand bald zur Ruhe bringt: erhält dagegen im leeren Weltraume ein Körper einen Stoß, so geht er in gerader Linie und mit gleichförmiger Geschwindigkeit in alle Ewigkeit fort.

4. Drehung oder Rotation. Eine ähnliche Bewandtniß hat es auch mit der Drehung (Rotations-Bewegung). Es werde unter den oben bezeichneten Umständen eine in einem Wassergefäß frei schwebende Kugel in Drehung versetzt, so ist der Widerstand des Wassers hier wie bei der geradlinigen Bewegung so bedeutend, daß die Rotation bald aufhört. Im Weltraume dagegen, wo der Widerstand wegfällt, ist jede einmal eingerichtete Rotationsbewegung von ewiger Dauer: dieß können wir alle Tage an der Erde sehen, die vom Anfange eine Drehung erhielt, daß sie in 24 Stunden (Sternzeit) einmal herumgeht, und die jetzt schon viele tausend Jahre mit unveränderter Geschwindigkeit ihre Rotation fortsetzt. Dasselbe ist bei der Sonne und allen Planeten der Fall, die sämmtlich, jeder Körper mit der ihm ursprünglich gegebenen Geschwindigkeit sich immer gleichmäßig umdrehen. Ein augenscheinliches Beispiel der Rotationsbewegung gewährt uns unter den Planeten, insbesondere Jupiter, bei welchem ein Fernrohr von mäßiger Größe schon sehr wohl die Umdrehung, die ziemlich schnell vor sich geht, wahrnehmen läßt.

Bemerkenswerth ist das Verhältniß zwischen der Kraft und der davon erzeugten Rotationsgeschwindigkeit. Es ist leicht begreiflich, daß, wenn zwei Massen, eine größere und eine kleinere, durch dieselbe Kraft in Drehung versetzt werden, jene langsamer, diese schneller sich bewegen muß: aus ähnlichem Grunde wird man bei einigem Nachdenken einsehen, daß, unter Anwendung gleicher Kraft, dieselbe Masse schneller sich dreht, wenn sie in eine Kugel zusammengezogen ist, als wenn sie die Form einer ausgedehnten Scheibe hat. Im Allgemeinen gilt

Digitized by Google

es als Regel, daß, je weiter die Theile von der Axe entfernt sind, desto langsamer die Bewegung sein wird; daher kommt es denn auch, daß, wenn derselbe Körper sich während der Drehung ausdehnt oder zusammenzieht, seine Rotationsgeschwindigkeit eine verhältnißmäßige Ab- oder Zunahme erhalten muß. Für unsern Zweck folgt zunächst daraus der wichtige Satz, daß, wenn die Planeten im Verlaufe der Zeit durch Erwärmung oder Erkältung ihre Größe ändern, wenn sie einen Theil ihrer Masse (z. B. das Wasser durch Ausdünstung) verlieren, oder wenn sie aus dem Weltraume neue Massen als Meteorsteine u. s. w. an sich ziehen, dieß Alles an der Rotationszeit — die wir mit großer Schärfe messen können — sich zeigen muß. Ich brauche kaum hier zu bemerken, daß die Axe eines Planeten nur eine imaginäre Linie ist, wie bei der Wachskugel, die im Wasser schwebend sich dreht; die Richtung dieser imaginären Linie erkennt man unmittelbar aus der Bewegung, welche für jeden Punkt der Kugeloberfläche verschieden ist. Zwei Punkte — die Pole — haben gar keine Bewegung; durch diese geht die Axe. Von den zwei Polen anfangend werden die von den einzelnen Punkten der Oberfläche beschriebenen Kreise immer größer, bis zur Mitte der Kugel, zum Aequator.

5. Parallelismus der Rotationsaxen. Es gibt ein Verhältniß bei der Rotationsbewegung, welches unsere besondere Beachtung verdient und in früherer Zeit häufig — sogar noch von Copernicus — nicht gehörig aufgefaßt worden ist. Wenn man, wie oben erwähnt, eine Kugel, die in einem Wassergefäße frei schwebt, in Drehung versetzt, dann das Gefäß aufhebt und damit herumgeht oder sonst seine Lage in beliebiger Weise verändert, so bemerkt man, daß die Drehungsaxe der Kugel beständig nach derselben Weltgegend gerichtet bleibt. Ist z. B. die Drehungsaxe nach Norden gerichtet, so beharrt sie in dieser Richtung, man mag das Gefäß drehen und herumtragen, wie man will. Man könnte sogar, wenn nicht, wie oben bereits bemerkt wurde, durch Widerstand oder Reibung für uns eine dauernde Bewegung unmöglich gemacht wäre, eine Kugel oder Scheibe, die sich so dreht, anstatt eines Schiffscompasses brauchen, und zwar würde man damit weit mehr Sicherheit haben, als mit einem Magnet, weil die Richtung der Drehungsaxe in allen Theilen der Welt gleich bliebe, was bei dem Magnet nicht ganz der Fall ist.

Das Verhältniß, welches eben erwähnt wurde, daß die Rotationsaxe immer nach derselben Gegend gerichtet bleibt, beruht übrigens nicht auf besondern Eigenthümlichkeiten einzelner Körper, sondern ist ein allgemeines Bewegungsgesetz, und eben so nothwendig in der Natur der Dinge überhaupt begründet, wie es ist, daß ein Körper, der gestoßen wird, in gerader Linie und nicht etwa in Zickzack fortgeht. Bei allen Himmelskörpern wird dieses Gesetz streng eingehalten, und wie die Körper auch immer im Raume herumgeführt werden, so bleibt sich die Rotationsaxe stets vollkommen parallel, was in Fig. 1 durch eine Darstellung der Marsbahn verdeutlicht wird. Dieses Gleichbleiben der Axenrichtung ist auch von großer Wichtigkeit. Man denke sich, welche Verwirrung wir auf der Erde hätten, wenn die Erdaxe anstatt beständig gegen den Hauptstern des kleinen Bären (Polarstern) gerichtet zu sein, einmal dahin, einmal dorthin zeigte, und wir die Sonne in unregelmäßigen Perioden bald hoch am Himmel, bald tief in der Nähe des Horizontes erblicken würden.

6. Anziehungskraft oder allgemeine Gravitation. Die gradlinige Bewegung haben wir durch einen Stoß, die Rotation durch eine ähnliche Kraftäußerung, die nur einen Augenblick wirkt und sogleich wieder aufhört, hervorbringen lassen. Wir wollen jetzt eine andere Kraft, nämlich die

Digitized by Google

sogenannte Anziehung der Körper betrachten, die sich wesentlich von dem Stoße darin unterscheidet, daß sie immerfort wirkt. Die Anziehung, wie sie in der Natur vorkommt, richtet sich nach zwei Gesetzen:

1) Sie ist um so größer, je größer die Massen der Körper;
2) in der Ferne nimmt sie ab, und zwar in demselben Maße, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen.

Das erste Gesetz ist an und für sich klar; das zweite bedarf einer Erläuterung. Wenn ich einen Körper A (Fig. 2), dann drei gleiche Körper B, C, D habe, die in der Entfernung 1, 2, 3 sich befinden, so übt A auf C nur $^1/_4$, auf D $^1/_9$ der Ausziehung aus, welche derselbe Körper in der Distanz 1 auf B ausübt. Man sieht daraus, daß die Anziehung in der Ferne ungemein schnell abnimmt. In Folge dieses Verhältnisses ist die Verschiedenheit der Anziehung in unserem Sonnensystem sehr groß, sie ist bei Neptun 6000 mal kleiner, als bei Mercur. Eine Eigenthümlichkeit der Anziehung müssen wir hier besonders hervorheben, daß sie nämlich nicht den Körpern als solchen, sondern jedem einzelnen Theilchen, auch dem kleinsten Atome, eigen ist. Die Vegetationskraft einer Pflanze und die Lebenskraft eines Thieres kommen nur der Pflanze und dem Thiere, so lange sie ein Ganzes bilden, zu; zertheile ich die Pflanze oder das Thier, so hört die Kraft in jedem Theile auf. Ein ähnliches Verhältniß bietet die magnetische Kraft dar; die zwei Hälften einer Magnetnadel von einander getrennt bringen nicht die Wirkung hervor, wie die Nadel, wenn sie ganz ist. Bei der Anziehung der Körper besteht dagegen ein sehr verschiedenes Gesetz. Wenn ich einen Körper in zwei Hälften trenne, so übt jede Hälfte die halbe Anziehung aus, und wenn ich die Theilung so weit fortsetze, als es nur immer physisch möglich ist, so kommt jedem Theilchen seine eigene Anziehungskraft im Verhältnisse seiner Masse zu, und die sämmtlichen Theilchen wieder zusammengelegt üben dieselbe Anziehung aus, wie der Körper, als er noch ganz war.

7. Anziehung der Erde. Die Anziehungskraft der Erde gehört in den Kreis der täglichen Erfahrung; jeder Körper trachtet gegen den Mittelpunkt der Erde hin und es gehört eine gewisse Kraft dazu, ihn aufzuhalten. Ein größerer Körper sucht auch mit größerer Kraft der Erde sich zu nähern, übereinstimmend mit dem ersten der oben angeführten Gesetze, wornach die Kraft in geradem Verhältnisse zu der Masse oder zu dem materiellen Gehalte der Körper ist. Wir haben übrigens keinen Weg, den materiellen Gehalt eines Körpers direkt zu ermitteln, sondern wir bemessen ihn nach der Wirkung, d. h. nach der Größe der Anziehung oder nach der Schwere; demnach kann man die Anziehung durch Gewicht, z. B. nach Pfunden, bestimmen.

Die Anziehung der Erde ist eine sehr bedeutende und leicht wahrnehmbare Kraft, die Erde hat aber auch einen materiellen Gehalt von nicht weniger als $13^1/_2$ Quadrillionen Pfund. Es ist demnach sehr begreiflich, daß ein Körper von nur 1 Pfund Gewicht auch nur einen sehr kleinen Theil der Anziehung der Erde haben könne. In der That ist die Anziehung kleiner Körper so unbedeutend, daß sie, insoferne nicht die feinsten Hülfsmittel angewendet werden, unserer Wahrnehmung gänzlich entgeht. Hält man zwei Steine in einiger Entfernung von einander, so merkt man keine Anziehung; dessenungeachtet ist eine Anziehung vorhanden und kann, wie wir später sehen werden, durch besondere Vorrichtungen sehr wohl augenscheinlich nachgewiesen werden. Beschränkt man sich auf die gewöhnliche Wahrnehmung, so könnte man auch glauben, daß die Entfernung vom Mittelpunkte keinen Einfluß auf die Anziehung der Erde habe, und dieß war auch vor Entdeckung der allgemeinen

Digitized by Google

Gravitation die Ueberzeugung der Gelehrten, wie der Ungelehrten. Es ist indessen nicht bloß richtig, sondern auch nachweisbar, daß auf der Spitze eines hohen Berges (wenn man von der Anziehung des Berges selbst abstrahirt) die Schwere geringer ist, als auf der Ebene.

8. Die Anziehung nur von der Masse abhängig, Anziehung mehrerer Massen. Eine merkwürdige Bestimmung ist noch die, daß es bei der Schwerkraft nur auf die Masse oder den materiellen Gehalt ankommt und nicht auf die Beschaffenheit des Körpers oder auf den Stoff. Eine gleiche Masse Metall, Wolle, Luft oder Wasser üben alle dieselbe Anziehungskraft aus. Es können deßhalb die Planeten aus ganz andern Stoffen als die Erde zusammengesetzt sein; daß sie so anziehen, wie die Erde, gibt wenigstens keinen Grund zu glauben, daß sie von gleicher Beschaffenheit seien.

Wenn zwei kleine Massen A und B (Fig. 3) eine dritte K anziehen, so ist die Anziehung dieselbe, als wenn die beiden Massen vereinigt in einem Punkte c sich befänden, den wir den Mittelpunkt der Anziehung nennen wollen. Eben so kann man für drei kleine Massen A, B, C (Fig. 4), die eine entfernte Masse K anziehen, einen Mittelpunkt der Anziehung c angeben, wo die sämmtlichen Massen vereinigt gedacht werden können. Jeden größern Körper, dessen Anziehung berechnet werden soll, muß man sich als aus einer Menge kleiner Massen zusammengesetzt denken und den Mittelpunkt der Anziehung, d. h. den Punkt, wo die ganze Masse vereinigt gedacht werden kann, bestimmen. Im Allgemeinen läßt sich indessen ein solcher Punkt nicht angeben, sondern seine Lage wird verschieden sein, je nach der Richtung und Entfernung der angezogenen Masse; nur bei der Kugel besteht das ganz einfache Gesetz, daß sie jeden auf ihrer Oberfläche oder außerhalb befindlichen Punkt so anzieht, als wenn ihre ganze Masse im Mittelpunkt vereinigt wäre.

9. Die Anziehung bedingt die Form der Körper; Anziehung eines Sphäroids. Jede Masse, deren Theilchen feine Beweglichkeit haben, zieht sich, wenn keine andere Kraft als die gegenseitige Anziehung der Theilchen wirksam ist, in Kugelform zusammen; wir sehen dieß an Wassertropfen, Queckſilbertropfen, besonders schön aber an der Oelmasse in dem später (§. 86.) zu erklärenden Experiment von Plateau, welches so angestellt wird, daß man ein großes Glasgefäß mit einer Mischung von Wasser und Weingeist auffüllt, dann Oel (irgend ein fettes Oel) vorsichtig hineingießt. Hat die Mischung genau dasselbe specifische Gewicht, wie das Oel (was man leicht durch Nachgießen von Wasser oder Weingeist bewerkstelligen kann), so bleibt die Oelmasse in der Mitte schwebend und nimmt die vollkommenste Kugelgestalt an. Noch fernere lehrreiche Folgerungen lassen sich darauf begründen. Steckt man nämlich eine Axe, mit einer kleinen Kurbel versehen, durch die Kugel und fängt zu drehen an, so wird die Oelmasse in eine Rotationsbewegung versetzt, verliert aber dann die Kugelgestalt und geht in ein Ellipsoid (Sphäroid) über. Durch die Schwungkraft erhebt sich die Mitte — der Aequator — und an den Polen sinkt die Masse zusammen.

Ein Sphäroid kann gedacht werden, als bestehend aus einer Kugel, welche den Haupttheil bildet, und einer Schichte, welche sich um den Aequator herumzieht (Fig. 5). Soll die Kraft bestimmt werden, womit ein Körper A, der an der Oberfläche eines rotirenden Sphäroids sich befindet, gegen diese Oberfläche gezogen wird, so sind zwei Umstände in Rechnung zu nehmen:

1) die Schwungkraft, welche den Körper A zu entfernen sucht, und
2) die Anziehung der Kugel und der um den Aequator herumgehenden Schichte.

Die Schwungkraft verschwindet an den Polen ganz und wird um so

Digitized by Google

größer, je näher man dem Aequator kommt, wo sie ihren größten Werth erlangt. Die Anziehung der Schichte ist am Aequator am größten, weil da die Schichte selbst am dicksten ist, und wird um so kleiner, je weiter man sich gegen die Pole entfernt. Was die Masse der Kugel betrifft, so kann man sich dieselbe im Mittelpunkte c vereinigt denken (§. 8.) und die Anziehung ist dem Quadrate der Entfernung vom Mittelpunkte umgekehrt proportional.

Die hier angedeuteten Verhältnisse haben wir blos bei der Erde zu betrachten und da trifft es zufällig sehr nahe ein, daß die Schwungkraft und die Anziehung der Aequatorialschichte, die im entgegengesetzten Sinne wirken, sich fast völlig aufheben, und man wird nie von der Wahrheit viel sich entfernen, wenn man die Wirkung der Kugel allein in Rechnung nimmt. Demnach wird die Anziehung der Erde oder die Schwere immer größer, je weiter man sich vom Aequator aus gegen die Pole entfernt, weil man dabei dem Mittelpunkte immer näher kommt.

Den bemerkenswerthen Umstand müssen wir hier noch hervorheben, daß die Richtung der Schwere stets senkrecht auf der Oberfläche der Erde ist, also nur am Pole und am Aequator genau nach dem Mittelpunkte geht, sonst aber mit der Mittelpunktsrichtung einen Winkel cAb (Fig. 4) macht *).

Betrachten wir die Anziehung, die ein Sphäroid A auf einen umkreisenden Körper B ausübt, so gibt es zwei Verhältnisse, die zu unterscheiden sind. Entweder fällt die Bahnebene des Körpers mit der Aequatorebene des Sphäroids zusammen, wie Fig. 6, oder sie machen einen Winkel mit einander, wie Fig. 7. Im ersten Falle erhält man ganz denselben Erfolg, als wenn an der Stelle des Sphäroids eine Kugel von derselben Masse sich befände; im zweiten Falle dagegen sucht der Körper B das Sphäroid zu drehen und den Aequator gegen die Verbindungslinie AB hinzubringen, während das Sphäroid den Körper B abwärts gegen die Aequatorebene zieht. Zwischen den zwei Ebenen besteht demnach eine Tendenz, sich zu nähern, und wären beide Körper in Ruhe, so würde auch eine allmählige Näherung stattfinden. Gibt man aber dem Sphäroid eine Drehung um seine Axe und setzt zugleich den Körper B in seiner Bahn in Bewegung, so wird dadurch (wie weiter unten §. 17. speciell nachgewiesen werden soll) eine Annäherung der beiden Ebenen verhindert, dagegen erfolgt eine allmählige Aenderung in ihrer Lage in solcher Weise, daß die Durchschnittslinie ab langsam zurückweicht. Die Präcession der Tag- und Nachtgleichen und mehrere analoge Wirkungen im Planetensysteme kommen auf solche Weise zu Stande.

10. Maß der Anziehung; Bewegung, die sie hervorbringt. Gesetzt, ein festgemachter Körper A Fig. 2 ziehe einen andern Körper B an, so wird der Körper B, wenn er aufgehalten wird, einen Druck ausüben, oder wenn er frei ist, sich nach der Richtung BA in Bewegung setzen. Den Druck können wir immer nach Pfunden, oder was bequemer ist, nach Tonnen (zu 2000 Pfund) angeben. So wiegt der Mond an und für sich 154300 Trillionen Pfund; in der Entfernung, wo er sich befindet, ist aber seine Anziehung gegen die Erde nur 43 Trillionen Pfund. Die Erde wiegt 6257 Trillionen Tonnen; die Anziehung gegen die Sonne beträgt aber nicht ganz 4 Trillionen Tonnen. Saturn wiegt 123950 Trillionen Tonnen, seine Anziehung beträgt aber nur $^1/_5$ Trillion Tonnen.

*) Wenn man diesen Winkel von der geographischen Breite abzieht, so erhält man die sogenannte verbesserte Breite, wie sie in der letzten Columne der Tab. XII. angegeben wird.

Digitized by Google

Erfolgt eine Bewegung, so ist sie um so größer, je größer die Kraft und je kleiner die zu bewegende Masse ist; die Masse bleibt aber in dem Falle, den wir hier betrachten, aus der Rechnung weg; denn es wird z. B. eine doppelte Masse mit zweifacher, eine dreifache Masse mit dreifacher Kraft angezogen; aber die doppelte Masse mit zweifacher und die dreifache Masse mit dreifacher Kraft werden nicht schneller bewegt, als die einfache Masse mit einfacher Kraft. So kommt es denn auch, daß auf der Oberfläche der Erde ein Centner nicht schneller fällt, als ein Pfund. Was das Verhältniß der Zeit zu dem zurückgelegten Raume betrifft, so läßt sich durch den Kalkul nachweisen, daß die zurückgelegten Räume, wie die Quadrate der Zeit, wachsen, d. h. wenn ein Körper in der ersten Secunde einen bestimmten Raum zurücklegt, so legt er in zwei Secunden den vierfachen, in drei Secunden den neunfachen Raum u. s. w. zurück. Wenn man den Raum kennt, den ein Körper in einer Secunde zurücklegt, so gibt dieß einen Begriff von der Größe der Anziehung und dient gewissermaßen als Maß der Kraft. Auf der Oberfläche der Erde fallen die Körper in einer Secunde 15 Pariser Fuß. Die Erde würde, vermöge der Anziehungskraft der Sonne sich dieser nähern in der ersten Secunde um $3^1/_5$ Zoll und Uranus nur um $^1/_{10}$ Pariser Linie. Man sieht, daß ungeachtet der Größe der Maße die Bewegungen nicht bedeutend sind, wegen der ungeheuren Entfernungen.

Oben haben wir den anziehenden Körper als fest angenommen; am Himmel kommt aber dieser Fall nicht vor, sondern alle Körper schweben frei im Raume. Die Folge davon ist, daß jeder Körper von jedem andern angezogen und in Bewegung gesetzt wird, immer ist jedoch die Anziehung und Bewegung im Verhältnisse der Maße; je größer die Maße, desto geringer die Bewegung. Die Sonne zieht die Erde in der ersten Secunde, wie eben bemerkt worden ist, $3^1/_5$ Zoll näher; da nun die Erde um 354936 mal kleiner ist als die Sonne, so bringt sie an der Sonne nur eine Bewegung von $^1/_{10000}$ Linie in der ersten Secunde hervor.

11. Bewegung in krummlinigen Bahnen. Aus dem Vorhergehenden läßt sich ersehen, daß der Stoß eine gradlinige und gleichförmige, die Anziehungskraft wieder eine gradlinige und gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorbringt; weder durch die eine noch durch die andere Kraft allein kann eine krumme Bahn entstehen, sondern es wird hiezu das Zusammenwirken beider erfordert. Auf der Erde kennen wir blos eine Art von krummliniger Bewegung, die auf solche Weise zu Stande kommt, nämlich die Parabel oder Wurflinie. Wenn man einen Stein in die Luft schlendert nach der Richtung ab (Fig. 8), so sollte er in dieser Richtung mit gleichförmiger Geschwindigkeit sich bewegen und in der ersten Secunde einen bestimmten Weg, z. B. ab, in der zweiten den gleichen Weg bc, in der dritten wieder den gleichen Weg cd zurücklegen. Dagegen fällt er gegen die Erde nach einer Secunde um 15 Fuß, was wir durch die Linie be vorstellen wollen, nach 2 Secunden um das vierfache (cf), nach 3 Secunden um das neunfache (dg) und erreicht so (in unserem Beispiele nach 3 Secunden) den Boden. Wäre die Kraft, womit der Stein geschleudert wurde, größer gewesen, so hätte er einen größern Bogen, jedoch von derselben Form beschrieben, aber auch längere Zeit dazu gebraucht.

Die Verhältnisse am Himmel sind verschieden, insofern als Bahnlinien von verschiedener Form entstehen können, je nachdem die Stoßkraft größer oder kleiner ist im Verhältnisse zur Anziehung. Es sei S (Fig. 9) die Sonne, a ein Körper, der in Ruhe ist und einen Stoß erhält nach der Richtung ab. Ist der Stoß sehr stark im Verhältnisse zur Anziehung, so bewirkt die Sonne bloß eine kleine

Digitized by Google

Krümmung der Bahn; der Körper kommt nach c und geht in den Raum hinaus, um nie wieder zurückzukehren. In diesem Falle wird die Bahn hyperbolisch genannt. Je kleiner die Stoßkraft ist, desto größer wird die Krümmung, und so kann der Körper über c_1, c_2, c_3 ... sich in den Weltraum hinaus bewegen; zuletzt aber bei immer fortgesetzter Abnahme des Stoßes gewinnt die Anziehungskraft der Sonne die Oberhand, und wenn der Körper nach c_4 kommt, so wird er auf dem Wege c_4 de nach a wieder zurückgeführt; er beschreibt eine geschlossene Bahn. Diese Bahnform wird die elliptische genannt. Bei dem Uebergang von der Hyperbel zur Ellipse ist letztere sehr gedehnt, zieht sich aber immer zusammen, je kleiner die Stoßkraft wird, bis zuletzt der Körper nach c_6 herüberkommt und eine Kreisbahn entsteht. Wird der Stoß noch schwächer angenommen, so kommt der Körper nach c_7 und nähert sich immerfort in einer Spirale der Sonne, in welche er zuletzt hineinfallen muß.

12. Bezeichnungen der elliptischen Bewegung. Im Sonnensystem treffen wir streng genommen nur eine einzige von den erwähnten Bahnformen, nämlich die elliptische an. Vor Allem wollen wir bei dieser mehrere häufig vorkommende Bezeichnungen erklären. Es sei ABCD (Fig. 10) eine in's Unendliche ausgedehnte Ebene, in welcher die Sonne S liegt und worauf alle Bewegung bezogen wird, die Ecliptik. Ein Körper beschreibe die Ellipse aebd, so nennt man die beiden Punkte e und d, wo seine Distanz von der Sonne am kleinsten und am größten ist, die Sonnennähe und die Sonnenferne, c die Mitte der Ellipse, S den Brennpunkt oder Focus der Ellipse, cS die Excentricität, de die große Axe, fg die kleine Axe, ec (oder ed) die halbe große Axe oder auch die mittlere Entfernung. Die Punkte a und b, wo die Grundebene durchschnitten wird, heißen die Knoten, und zwar (wenn der Körper in der Richtung des Pfeils herumgeht) a der niedersteigende und b der aufsteigende Knoten. Die Ellipse selbst ist bestimmt durch die mittlere Entfernung und die Excentricität, die Lage der Ellipse gegen die Ecliptik wird bezeichnet durch den Ort der Sonnennähe, den Ort des aufsteigenden Knotens und die Neigung oder den Winkel, den die Bahnebene mit der Ebene der Ecliptik macht. Diese Bestimmungsstücke nennt man die Elemente der Bahn.

13. Gesetze der elliptischen Bewegung. Ein Körper, der einen Kreis um die Sonne beschreibt, bewegt sich in jedem Theile der Bahn gleichförmig, und wenn er in einem gewissen Intervall, z. B. in einem Tage den Bogen ab (Fig. 11) zurücklegt, so werden in den folgenden Tagen die gleichen Bögen bc, cd u. s. w. zurückgelegt werden. Nach der gewöhnlichen Auffassungsweise würde man bei dieser Bewegung bloß die Bögen ab, bc, cd u. s. w. in Betracht ziehen. Es ist aber von Kepler eine andere Auffassungsweise in der Astronomie eingeführt worden; er betrachtet nämlich die Ausschnitte oder Flächen aSb, bSc, cSd ... und sagt, daß im ersten Tage die Fläche aSb, im zweiten die Fläche bSc u. s. w. beschrieben werden. Hiernach kann man die gleichförmige Bewegung im Kreise so ausdrücken: in gleichen Zeiten werden gleiche Flächen beschrieben. Dieses Gesetz erleichtert die Berechnung der Kreisbewegung nicht, die ohnehin einfach genug ist; hat aber dennoch eine große Bedeutsamkeit deßhalb, weil es nicht für den Kreis allein, sondern überhaupt für alle oben angedeuteten krummlinigen Bahnen gilt. Es ist bekannt unter dem Namen des zweiten Kepler'schen Gesetzes, und wurde ursprünglich von Kepler blos als Erfahrungssatz aus der Beobachtung abgeleitet, später aber von Newton als nothwendige Folge des Gravitationsgesetzes nachgewiesen. Zur Erläuterung habe ich in

Digitized by Google

Fig. 12 die Bahn des Encke'schen Kometen verzeichnet und in sieben gleiche Ausschnittflächen — umfassend die Bahntheile abc, cd, de, ef, fg, gh und ha — getheilt, wovon jede in einem halben Jahre beschrieben wird. Man sieht, daß die in gleicher Zeit beschriebenen Bögen von sehr ungleicher Größe sind, und in der Sonnennähe die Bewegung am schnellsten, in der Sonnenferne am langsamsten ist. Der Unterschied ist in diesem Falle sehr groß, denn der Komet legt die ganze Strecke von a über b nach c in einem halben Jahre zurück, während er in der Sonnenferne nur durch den Bogen ef oder fg in gleicher Zeit sich bewegt. Die Bahn des Kometen durchschneidet die Erdbahn unter einem Winkel von $13^1/_3$ Grad; nur der Theil mbn liegt oberhalb der Erdbahn.

14. Parabolische Bahnen der Kometen. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß alle Kometen sich in Ellipsen um die Sonne bewegen, aber in den allermeisten Fällen sind die Ellipsen so gedehnt, daß wir nicht mehr mit Sicherheit angeben können, wie weit sie in den Raum hinausgehen, oder wie lange die Umlaufszeit dauert. Unter solchen Umständen sehen wir die Kometen auch nur ganz kurze Zeit, so lange sie nämlich in mäßiger Entfernung von der Erde sich befinden und den Theil abc (Fig. 13) am Ende der Ellipse beschrieben, wo sie der Sonne am nächsten kommen; die Ellipse selbst geht so weit hinaus, daß wir sie als unendlich gedehnt ansehen können. Das Endstück abc einer unendlich gedehnten Ellipse ist aber eine krumme Linie, die wir eine Parabel nennen. Da die Berechnung der Parabel weit einfacher ist, als die der Ellipse, so werden alle Kometenbahnen (insoferne wir ihre Länge nicht zu bestimmen im Stande sind) als Parabeln betrachtet, und man gibt dann unter den Elementen der Bahn, anstatt der Excentricität und halben großen Axe, nur die kleinste Distanz aS (Perihel-Distanz) an.

15. Berechnung der Bahnen; Problem der drei Körper, Störungen. Wie die Kometenbahnen eine sehr gedehnte Gestalt und große Excentricität haben, so treffen wir bei den Planetenbahnen das andere Extrem an, nämlich Ellipsen von sehr kleiner Excentricität, die fast als Kreise betrachtet werden können. Lagrange, einer der größten Mathematiker, die je gelebt haben, pflegte, wenn er auf diesen Gegenstand zu sprechen kam, in seiner einfachen Weise zu bemerken: „Es scheint, als wenn die Natur die Bahnen der Himmelskörper, so wie sie sind, gerade mit der Absicht eingerichtet hätte, damit wir sie berechnen können. So ist die Excentricität der Planeten sehr klein, jene der Kometen außerordentlich groß. Bestände nicht dieses für unsere Näherungsmethoden so günstige Verhältniß und hätten die Excentricitäten einen mittleren Betrag, so dürften die Mathematiker gleich die Arbeit aufgeben, sie könnten nichts ausrichten."

Die Bemerkung von Lagrange gilt übrigens nicht blos rücksichtlich der Excentricitäten, sondern auch rücksichtlich der Massen; denn hätten wir im Sonnensystem auch nur drei Körper von wenig verschiedener Größe, nämlich die Sonne S (Fig. 14) und die Planeten a und b, die nach den Richtungen ac, bd einen mäßigen Stoß erhielten, so wären alle Hülfsmittel der Mathematik nicht im Stande, die Bahnen genau anzugeben, die sie beschreiben würden. Man hätte nämlich hier nicht blos die Anziehung der Sonne, sondern auch die gegenseitige Anziehung der Planeten selbst in Rechnung zu nehmen, und die Bahnlinien müßten äußerst verwickelt sein.

Dieß ist das berühmte „Problem der drei Körper", dessen Lösung durch die bisherigen Bemühungen der Mathematiker auch nicht einmal in Aussicht gestellt ist, obwohl wir sonst keinen Grund haben, an der Möglichkeit zu zweifeln. Wenn einmal die Beobachtung der Doppel- und mehrfachen Sterne

Digitized by Google

so weit gediehen ist, daß man zu einer vollständigen Theorie ihrer Bewegung die nöthige Grundlage erhält, so wird es dennoch nothwendig werden, irgend ein Mittel zur Lösung jenes Problems zu erdenken, weil es Fälle gibt, wo drei Sterne (Sonnen) von ungefähr gleicher Masse um einander herumgehen. Was aber unser Sonnensystem betrifft, so sind, wie ich oben schon bemerkte, die Verhältnisse so beschaffen, daß wir einer strengen Lösung gar nicht bedürfen: denn die im Vergleich mit der Sonne, ganz kleine Masse oder Anziehung jedes einzelnen Planeten hat auf die Bahn der übrigen nur sehr geringen, und wenn die Entfernung groß ist, gar keinen Einfluß; überdieß sind die durch solchen Einfluß hervorgebrachten Aenderungen nur vorübergehend. Zur Erläuterung wollen wir Venus und die Erde (Fig. 15) betrachten, deren Bahnen so nahe kreisförmig sind, daß man sie in der Zeichnung von Kreisen nicht unterscheiden kann. Es sei S die Sonne, Venus in a, die Erde in b, so zieht die Erde die Venus an, da aber die Masse der Erde nur den 354936sten Theil der Sonnenmasse beträgt, so ist die Anziehung unter sonst gleichen Umständen auch auch in demselben Verhältnisse kleiner. Gleichwohl entsteht eine kleine Beschleunigung der Venus, und sie wird ein wenig über ihre eigentliche Bahn hinausgezogen. Nach und nach holt Venus, die sich schneller bewegt, die Erde ein, und sie kommen in a' und b' in gleiche Linie mit der Sonne zu stehen, d. h. sie kommen in Conjunction. Hier übt die Erde auf die Venus die größte Anziehung aus: diese größte Anziehung beträgt aber nur ungefähr den 135350sten Theil der Sonnenanziehung. Nach der Conjunction eilt Venus vor und gelangt nach a'', wenn die Erde nach b'' kommt. Hier wird wieder die Anziehung der Erde so groß, wie sie in b war, wirkt aber im entgegengesetzten Sinne, und hält die Bewegung der Venus auf. Dasselbe gilt überhaupt für die Theile der Bahn, die vor und nach der Conjunction zurückgelegt werden, und was Venus an Bewegung vor der Conjunction gewonnen hat, verliert sie wieder nach der Conjunction. Freilich, setzen wir hier voraus, daß der Bahntheil, der vor der Conjunction beschrieben wird, dem nachher beschriebenen gleich sei, was nur bei Kreisbahnen der Fall sein würde, bei Ellipsen aber, auch wenn sie nur kleine Excentricität haben, nicht der Fall ist. In Folge dieses Verhältnisses bleibt in der That auch immer etwas von dem Einflusse der Erde übrig: indessen muß bemerkt werden, daß die zwei Planeten bei jedem Umlaufe zusammen kommen, und das Uebriggebliebene bald eine Vermehrung, bald eine Verminderung ist, so daß nach einigen Umläufen die ganze Einwirkung sich aufhebt; dieß ist denn auch der Erfolg, welchen die genaue Rechnung nachweist.

Außer der Erde übt noch Jupiter eine merkliche Anziehung auf die Venus aus; die Anziehung des Mercur, des Mars und Saturn ist kaum merklich und die übrigen Planeten sind sämmtlich zu klein oder zu entfernt, um irgend eine Wirkung hervorbringen zu können. Im Ganzen findet man, daß Venus, in Folge der Anziehung der Planeten, im äußersten Falle etwa um 40 Secunden in Raum, d. h. um den Weg, den sie in 10 Minuten zurückgelegt, in ihrer Bahn voraus oder zurück sein kann. Aehnliches gilt auch von den übrigen Planeten: sie entfernen sich immer nur um einen ganz unbedeutenden Raum von dem Orte, den sie einnehmen würden, wenn die Anziehung der Sonne allein wirksam wäre. Diesem Verhältnisse zu Folge richtet man denn auch die Berechnungen immer so ein, daß man zuerst den elliptischen Ort, — wo der Planet sich einfinden würde, wenn er sich in der rein elliptischen Bahn bewegte, — bestimmt, dann die Größe hinzufügt, um welche er durch die übrigen

Digitized by Google

Planeten vor- oder rückwärts, hinein gegen die Sonne, oder hinausgezogen wird. Die letztere Größe nennt man „Störung".

Ich habe im Vorhergehenden einen Begriff von planetarischen Störungen zu geben gesucht, und zwar durch geometrische Betrachtungen, darf indessen nicht vergessen, daß man den Erfolg der Planetenanziehung nur sehr unvollständig auf solche Weise darstellen kann. Die Astronomen gelangen dazu durch analytische Entwickelungen, und erhalten für den Störungsbetrag eine Reihe von Gliedern, welche von den mittlern Bewegungen der Planeten abhängen. Es handle sich z. B. um die Jupitersstörung, so weit sie vom Saturn abhängt, so enthält jedes Glied den Sinus oder Cosinus der Differenz zwischen einem Vielfachen (dem Einfachen, Zweifachen, Dreifachen..) der Jupitersbewegung und einem Vielfachen der Saturnsbewegung, und der Betrag wird größer oder kleiner, wie die Sinusse oder Cosinusse zu- und abnehmen. Die Ausdrücke, die auf solche Weise erhalten werden, stellen allerdings den Erfolg dar, aber in einer künstlichen, nicht in der natürlichen Form, und wenn man von den Ausdrücken zurückgehen und eine Erklärung davon durch Raisonnement und Construction geben will, so findet man dieß unausführbar. So z. B. findet sich, daß Venus durch die Erde und Jupiter durch Saturn eine Störung erleidet unter nahe gleichen Verhältnissen, indem in beiden Fällen der störende Planet außerhalb des gestörten herumgeht: in beiden Fällen ist das Glied, welches von der zweifachen Bewegung des störenden, weniger der zweifachen Bewegung des gestörten Planeten abhängt, das beträchtlichste (in sofern die Excentricitäten nicht berücksichtigt werden). Hiefür wäre allenfalls noch ein geometrischer Grund zu finden; nun aber wird Venus durch die Erde beschleunigt, und Jupiter durch Saturn aufgehalten. Hier würde man umsonst sich bemühen, durch Raisonnement eine Erklärung zu geben.

Schon Pfaff hat mehrere hierauf bezügliche Gedanken geäußert, und v. Lindenau die Vortheile dargestellt welche die Astronomen dadurch erlangen würden, wenn sie voraussehen könnten, welche Glieder in der Entwickelung die beträchtlichsten wären: es ist indessen bisher kaum etwas Wesentliches geschehen, und man ist eben genöthigt, eine lange Reihe von Gliedern zu entwickeln, und diejenigen herauszuheben, welche von merklichem Betrage sind. Die Arbeit ist so umständlich, und die Berücksichtigung aller vorkommenden Bedingungen so weitläufig, daß selbst Lagrange, der die tiefste Einsicht in diese Verhältnisse besaß, und mehr als irgend ein Mathematiker beigetragen hat, die Methoden zu vereinfachen, die Besorgniß auszudrücken pflegte, es möchte der Weg, den wir jetzt verfolgen, auf eine Art von Willkürlichkeit hinführen.

16. Störungen von langer Periode. Besonders merkwürdig sind die sogenannten Störungen von langer Periode; ich führe sie hier zum Theile auch deßwegen an, weil eine einfache Erklärung sich geben läßt, warum sie so großen Betrag erlangen. Es sei B (Fig. 16) ein Planet, der genau doppelt so schnell sich bewegt als A, so daß er jedesmal zwei Umläufe macht, bis A einmal herumkommt. Setzen wir den Fall, daß die zwei Planeten in der Linie Sa, in Conjunction kommen, so erleidet B in der vorangehenden Bahnhälfte eine Störung, die, wie wir oben gesehen haben, in der folgenden Hälfte nicht ganz aufgehoben wird. Das Uebrigbleibende sollte dadurch sich aufheben, daß die Planeten in verschiedenen Theilen ihrer Bahnen, etwa in Sa_2, Sa_3, Sa_4 . . . . . zusammenkämen. Ist aber, wie wir eben angenommen, die eine Umlaufszeit gerade doppelt so groß, wie die andere, so werden die beiden Planeten jedesmal in derselben Linie Sa_4 zusammenkommen, und anstatt daß die von der ersten Conjunction übrigbleibende Störung aufge-

Digitized by Google

hoben würde, wird sie bei der zweiten Conjunction verdoppelt, bei der dritten verdreifacht u. s. w., woraus denn abzunehmen ist, daß wenn die Störung bei jeder einzelnen Conjunction auch nur unbedeutend wäre, sie auf solche Weise nach vielen Jahrhunderten bis zu einem enormen Betrag sich anhäufen würde. Die Vernichtung oder gänzliche Umgestaltung des Systems wäre die nothwendige Folge davon. Unter den verschiedenen Umständen, welche in unserm Planetensysteme vorkommen und die Absicht andeuten, die Dauerhaftigkeit des Systems zu sichern, gehört auch dieser, daß wir nirgends ein Verhältniß obiger Art antreffen. Unterdessen gibt es einzelne Fälle, wo die Vielfachen der Umlaufszeiten wenigstens einander ziemlich nahe kommen. So z. B. sind fünf Umläufe des Jupiter etwas Weniges größer als zwei Umläufe des Saturn, und wenn die erste Conjunction in der Linie Sa_1 stattgefunden hat, so wird die dritte ungefähr 8 Grad weiter vorwärts in b_1, die fünfte in Sb_2 u. s. w. stattfinden. So häuft sich in einer Gegend nach und nach ein bedeutender Störungsbetrag an, der erst aufgehoben wird, wenn die Conjunctionslinie wenigstens einen großen Theil des Umkreises zurückgelegt hat. Die analytische Entwickelung stimmt auch hiemit überein, sie zeigt, daß eine große Störung stattfindet, welche von der fünffachen Bewegung des Jupiter, weniger der zweifachen des Saturn abhängt, und erst in 881 Jahren sich ausgleicht. Noch mehrere ähnliche Verhältnisse werden wir bei Erklärung des Planetensystems anzuführen haben.

17. Bewegung in einer veränderlichen Ellipse: Secularänderungen. Es gibt noch eine andere Weise als die bisher angedeutete, die Störungen in Rechnung zu bringen. Wenn nämlich ein Planet durch die übrigen aus seiner Bahn gezogen wird, so bildet der Weg, den er in jedem Augenblicke beschreibt, ein Stück von einer Ellipse, nur nicht von derselben Ellipse. Man kann deßhalb die Bewegung eines Planeten sich so vorstellen, als wenn er in einer veränderlichen Ellipse, oder in einer Ellipse mit veränderlichen Elementen herumginge. Bei den Kometen berechnet man die Störungen durchgängig nach dieser Methode; auf die Planeten wird die Methode in der Regel nur angewendet, um die sogenannten Säcularänderungen zu bestimmen, deren Entstehung durch folgende Verhältnisse bedingt wird. Entwickelt man die Störung der Excentricität, der Neigung, der Länge des Perihels, so trifft man zuerst auf ein Glied, welches einfach der Zeit proportional ist, und immerfort mit der Zeit zunimmt; dann folgt eine Reihe von periodischen Gliedern, die nach gewissen Zeiträumen sich wieder aufheben, also eine dauernde Aenderung der Bahn nicht bewirken können. Was die mit der Zeit beständig zunehmenden Glieder — Säcularänderungen genannt — betrifft, so sind sie an und für sich alle sehr klein, aber dennoch von großer Wichtigkeit, weil der Betrag sich immerwährend anhäuft. Da wir darauf bei Erklärung des Planetensystems wieder zurückkommen müssen, so will ich hier nur ein paar Bemerkungen über die Entstehung oder Bedeutung der Säcularänderungen beifügen. Betrachtet man drei Körper, die Sonne S (Fig. 17), einen Planeten A, dessen Bewegung zu untersuchen ist, und einen störenden Planeten B und folgt man der Bewegung des Planeten A von a aus, so zeigt die Rechnung, daß er nach einem Umlaufe nicht genau wieder in die alte Bahn bei a hineingeht, sondern in der Nähe bei b vorbeigeführt wird. Auf gleiche Weise kommt er bei dem nächsten Umlaufe bei c vorüber. Hatte demnach die große Axe zuerst die Richtung Sm, so kommt sie bei dem zweiten Umlaufe nach Sm′, bei dem dritten nach Sm″ u. s. w., mit andern Worten: die elliptischen Bahnen der Planeten und Kometen drehen sich um die Sonne. Diese

Digitized by Google

Bewegung ist übrigens so langsam, daß keine Planetenbahn weniger als 20,000 Jahre braucht, um den ganzen Umkreis einmal durchzumachen. Die Rechnung zeigt, daß die Excentricität mit dieser Bewegung der Bahn zusammenhängt und den ursprünglichen Werth wieder erlangt, so oft die Bahn den ganzen Umkreis zurücklegt, in so ferne die Bahn des störenden Planeten als fix angenommen wird. Die Art und Weise, wie die gegenseitige Anziehung der Planeten diesen Erfolg herbeiführt, genau nachzuweisen, würde kaum durch geometrische Betrachtung gelingen; dagegen glaube ich gar wohl, den Erfolg der Störungen auf die Neigung der Bahnen und den Ort der Knoten geometrisch anschaulich entwickeln zu können: ich wähle als Beispiel Jupiter und Pallas, weil die Neigung der Pallasbahn sehr groß ist ($34^1/_2$ Grad) und die Wirkung des Jupiter sehr beträchtlich. Es sei (Fig. 18) A B C die Jupiters-, a b c d die Pallasbahn. Je nachdem Jupiter und Pallas in dem einen oder andern Theile ihrer Bahnen gerade sich befinden, wird natürlich die Entfernung und mithin auch die Anziehung sowohl als die Richtung der Anziehung verschieden sein. Nur eine Wirkung gibt es, die immer in einem bestimmten Sinne vor sich geht. Ist nämlich die Pallas oberhalb der Jupitersbahn, so wird sie abwärts, und ist sie unterhalb, so wird sie aufwärts gezogen, und man kann sich die Sache so vorstellen, als befände sich in der Ebene der Jupitersbahn — und zwar verbreitet über diese ganze Ebene — eine gewisse Kraft, welche die Pallas anzieht. Streng genommen ist diese Kraft größer oder kleiner nach der Entfernung der beiden Planeten; in so ferne es uns aber darum zu thun ist, bloß den Totaleffekt zu bestimmen, können wir von der Ungleichheit abstrahiren und uns die Kraft als constant, d. h. dem Durchschnittswerthe gleich, annehmen. Die Wirkung dieser Kraft wollen wir nun betrachten, und vom Punkte b an die Bewegung der Pallas verfolgen. Da sie hier beständig herabgezogen wird, so tritt sie nach und nach aus ihrer Bahn, nähert sich mit beschleunigter Geschwindigkeit der Jupitersebene und durchschneidet diese bei c'. Der Durchschnittspunkt ist also von c nach c' zurückgewichen. Die Pallas geht mit der durch Jupiter erhaltenen Geschwindigkeit auf der untern Seite der Bahn hinaus: von diesem Augenblicke an wirkt aber die Anziehung des Jupiter in entgegengesetztem Sinne, nämlich aufwärts: und die Geschwindigkeit, welche Pallas von b bis c' angenommen hatte, wird, bis sie nach d kommt, vollständig wieder aufgehoben. Die Pallas entfernt sich also von der Jupitersbahn nicht mehr und nicht weniger, als wenn gar keine Anziehung dagewesen wäre. Von d anfangend treten wieder dieselben Verhältnisse, wie bei b ein: die Pallas wird gegen die Jupitersebene von Neuem hingezogen, schneidet früher als sie sonst gethan hätte — nämlich bei a' — die Jupitersebene und verliert von a' bis b' die Geschwindigkeit, die sie von d bis a' gewonnen hatte. Man sieht, daß die äußerste Entfernung der Pallas von der Jupitersebene oben und unten durch die Anziehung nicht vergrößert und nicht verkleinert wird: und da die Neigung von der äußersten Entfernung abhängt, so ergibt sich, daß die Anziehung auch auf diese keinen Einfluß ausübe. Was aber die Durchschnittslinie der beiden Bahnen betrifft, so wird sie nach dem ersten Umlaufe von a c nach a' c', nach dem zweiten Umlaufe nach a'' c'' verlegt und rückt so bei jedem folgenden Umlaufe in gleichem Sinne fort. Durch solche Betrachtungen gelangen wir zu zwei für die Planetenbewegung höchst wichtigen Sätzen:

1) die Durchschnittslinien von je zwei Planetenbahnen weichen bei jedem Umlaufe zurück;
2) die Neigung von je zwei Planetenbahnen gegen einander bleibt stets im Mittel unverändert.

Digitized by Google

Die hiebei bezeichneten Wirkungen sind, der gegebenen Erklärung zufolge, nur als durchschnittliche zu betrachten, wie sie sein werden, wenn es um Perioden von vielen Umläufen sich handelt: soll gerade für einen einzelnen Umlauf der Weg der Pallas bestimmt werden, so wird allerdings der Einfluß des Jupiter, je nachdem er gerade in einem Theil seiner Bahn sich befindet, etwas größer oder etwas kleiner als der Mittelwerth sein.

Die vorhergehende Entwickelung läßt sich unmittelbar auf den Fall anwenden, wo ein Mond oder Satellit um einen sphäroidisch gestalteten Planeten in kreisförmiger Bahn und unter einem Winkel gegen den Aequator des Sphäroids sich bewegt (§. 5.). Betrachten wir fürs Erste die Bewegung des Satelliten und werfen dabei einen Blick auf die oben schon erläuterte Fig. 7, so ist leicht einzusehen, daß er in jedem Theile der Bahn gegen die Aequatorebene des Sphäroids hingezogen wird, das Sphäroid also eine ganz ähnliche Kraft, wie in dem oben betrachteten Falle Jupiter ausübt. Demnach wird auch ein ähnlicher Erfolg zu Stande kommen, und die Durchnittslinie der Satellitenbahn wird beständig zurückweichen, ohne daß die Neigung sich ändert.

Handelt es sich aber darum, die Rotationsbewegung des Sphäroids zu bestimmen, so müssen wir dem Satelliten die Stelle zuweisen, die im obigen Beispiele Jupiter einnahm, das Sphäroid dagegen müssen wir uns (nach §. 9) vorstellen, als bestehend aus einer Kugel und einer großen Anzahl von Massen, die aneinander angereiht die Aequatorialschichte bilden und wovon jede bei der Umdrehung des Sphäroids eine Kreisbahn beschreibt. Der Erfolg wird sein, wie oben, daß die Durchschnittslinie der Bahn jeder einzelnen Masse, folglich auch die Durchschnittslinie des Aequators auf der Satellitenbahn zurückweicht, während die Neigung unverändert bleibt.

Das Gesagte gibt noch keine vollständige Vorstellung von dem Erfolge der Planetenstörungen, weil wir nicht zwei, sondern acht Hauptplaneten haben, die sich gegenseitig stören, bei dem geringfügigen Betrage der Störung kommt man übrigens der Wahrheit immer hinreichend nahe, wenn man die Gesammtstörung der Summe der Störungen, die jeder einzelne Planet für sich hervorgebracht hätte, gleich setzt.

18. Anwendung physikalischer Lehrsätze in der Astronomie. Sehr viele Gegenstände, welche der Physik im engern Sinne angehören, werden in die Astronomie hineingezogen und da in eigenthümlicher Weise benützt: so kommt z. B. bei den Instrumenten die Elastizität der Metalle, ihre Ausdehnung durch die Wärme und verschiedene ähnliche Verhältnisse in Betracht. Es ist merkwürdig, wie die Astronomie in dieser Hinsicht sich, man möchte fast sagen, von Jahr zu Jahr ausdehnt und immer neue Umstände ausfindig macht, welche auf astronomische Bestimmungen in der einen oder andern Weise Bezug haben. Es gab eine Zeit, — es ist kaum fünfzig Jahre her, — wo die Arbeit des Astronomen viel einfacher war, als jetzt: ein Künstler wurde beauftragt, die Instrumente anzufertigen und aufzustellen, der Astronom beschränkte sich blos auf die Beobachtung. Freilich gab es sonderliche Mißgeschicke bei dieser Einrichtung: unter Andern könnte ein Astronom namhaft gemacht werden, der die geographische Breite seiner Sternwarte um mehr als eine Minute irrig bestimmt hat, weil von dem Künstler der Quadrant unrichtig war aufgestellt worden. Noch häufiger als in Versehen dieser Art lag der Grund ungenauer Bestimmungen in der Natur der Instrumente selbst: so hat man sich wohl hundert Jahre der Fernröhre an Kreisen bedient, bis man darauf kam, daß die Fernröhre vermöge der Schwere sich biegen, und daß diese Biegung auf die Beobachtungen Einfluß hat. Nach und nach haben indessen verschiedene ähnliche Entdeckungen

Digitized by Google

die Astronomen von der Nothwendigkeit sorgfältiger Untersuchung völlig überzeugt, und jetzt trauen sie weder den Künstlern mehr, noch den Materialien, woraus die Instrumente gemacht sind: Alles muß speciell durchforscht und geprüft werden; Messungen und Wägungen, Microscope und Fühlhebel und eine Menge analoger Hülfsmittel, die sonst nur in physikalischen Kabineten vorkamen sind jetzt auf allen Sternwarten einheimisch geworden. Aus diesem Bereiche ließe sich sehr viel für die Astronomie Wichtiges anführen, wenn es nicht aus Gründen, die in der Einleitung erwähnt sind, für den Zweck gegenwärtiger Darstellung geeignet schiene, das Detail der Beobachtungskunst, und die (ganz der Physik angehörenden) Grundsätze der Instrumenten-Construction wegzulassen. Ich werde mich hiernach in den folgenden Blättern darauf beschränken, aus dem Gebiete der Physik nur einige wenige Lehrsätze, die zum Verständnisse später vorkommender Untersuchungen nöthig sind, zu erwähnen.

19. Das Pendel. Zu einer Zeit, wo man von Pendeln und Pendel-Uhren noch nichts gewußt hat, soll Galilei im Dome von Pisa, als Chorknabe, in mathematischer Zerstreuung versunken, die langsamen Schwingungen der von der Decke herabhängenden Kirchenlampe zum Gegenstande der Betrachtung gemacht haben, und dadurch veranlaßt worden sein, die Gesetze der Schwingungen zu suchen. Die Lösung dieser Aufgabe gehört zu den vielen genialen Arbeiten, womit er in der Folge die Wissenschaft bereichert hat. Huyghens führte später das Pendel in die Mechanik und Astronomie ein, und gegenwärtig bildet es ein so wichtiges Hülfsmittel, daß wir nothwendig hier einige darauf bezügliche Bestimmungen erwähnen müssen. Daß ein kurzes Pendel schneller schwingt als ein langes, ist eine Beobachtung, die in unserer Zeit, wo Pendel-Uhren so häufig gebraucht werden, Jeder zu machen Gelegenheit hat: das Verhältniß der Schwingungsdauer läßt sich indessen nicht unmittelbar wahrnehmen, sondern bedarf mathematischer Entwickelung, woraus man findet, daß die Pendellängen wie die Quadrate der Zeiten zunehmen, d. h. ein Pendel von 2 Sekunden Schwingungsdauer 4 mal, und ein Pendel von 3 Sekunden Schwingungsdauer 9mal länger sein muß, als ein Sekunden-Pendel.

Dem Astronomen ist das Pendel in doppelter Beziehung wichtig, einmal, weil er die Zeit, wofür er ein sehr genaues Messungsmittel nöthig hat, damit bestimmt, dann auch, weil er es anwendet, um die Gestalt der Erde zu untersuchen. Der Zusammenhang mit letzterem Zwecke wird sich von selbst ergeben, sobald man bedenkt, daß die Schwingungen des Pendels durch die Schwerkraft der Erde bedingt werden. Wenn ich einen Faden in a (Fig. 19) befestige und eine Kugel an das untere Ende hänge, so wird der Faden in der senkrechten Richtung a c zur Ruhe kommen.

Ziehe ich die Kugel nach b seitwärts und lasse sie dann los, so wird sie durch die Anziehungskraft der Erde veranlaßt, den tiefsten Punkt c wieder zu suchen: sie wird auch um so schneller diesen Punkt erreichen, je beträchtlicher die Anziehungskraft der Erde, oder (um auf die oben entwickelten Verhältnisse mich zu beziehen) je näher das Pendel dem Mittelpunkte der Erde ist. Läßt man also an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche dasselbe Pendel schwingen, so ist man im Stande, aus der Schwingungszeit die relative Entfernung eines jeden Punktes vom Mittelpunkte, mithin die Figur der Erde zu bestimmen. Wir werden später sehen, daß dieses Mittel schon sehr häufige und gelungene Anwendung gefunden hat.

Es kann noch hier bemerkt werden, daß die Pendelschwingungen die Figur der Erde nur dann geben, wenn im Innern die Materie regelmäßig vertheilt ist. Gäbe es in der Erde große hohle Räume, oder Anhäufungen von besonders

Digitized by Google

schweren und compacten Stoffen, so würde dies an der Geschwindigkeit der Pendelschwingungen sich äußern. Es sind Andeutungen dieser Art schon vorhanden und man sieht, wie das Pendel noch das Mittel werden kann, die Tiefen der Erde, wohin uns der Zugang sonst verwehrt ist, zu erforschen.

20. Licht und Wärme, ihr Verhalten im Weltraume. Die Astronomie entlehnt aus der Lehre von der Wärme und dem Lichte mehrere Sätze und macht davon vielfache Anwendung; wir wollen hier die vorzüglichsten anführen. Newton stellte sich das Licht als einen Ausfluß des leuchtenden Körpers — als eine Emission — vor: das Licht wäre hiernach eine — freilich unendlich feine — Substanz, die vom leuchtenden Körper, in geradliniger Richtung ausgesendet wird und in dem Auge die Empfindung des Sehens hervorbringt.

Anstatt der Emission hat man in neuerer Zeit eine andere Vorstellung eingeführt, wornach überall im Raume ein Aether verbreitet sein soll, welcher durch den leuchtenden Körper in Schwingung oder Wellen-Bewegung — Undulation — versetzt wird. Das Licht pflanzt sich dann durch den Aether fort, wie der Schall durch die Luft und regt das Auge an in derselben Weise, wie die Luftvibrationen das Gehör.

Diese letztere Hypothese — die Undulations-Theorie des Lichtes — hat für jetzt entschieden mehr Wahrscheinlichkeit für sich, als die Emissions-Theorie. Man muß übrigens niemals vergessen, daß Hypothesen blos die Bestimmung haben, Thatsachen zu erklären oder vielmehr in Zusammenhang zu bringen. Im Alterthume nahm man an, daß das Licht (d. h. dasjenige, was das Sehen vermittelt) vom Auge ausgehe und den Gegenstand erreiche, und zwar in unmeßbarer Zeit; diese Hypothese zeigte sich zur Erklärung der damals bekannten Thatsachen zureichend; dem jetzigen Stande physikalischer und astronomischer Untersuchung genügt sie nicht mehr: durch die neu hinzugekommenen Thatsachen wurde eine neue Hypothese zum unabweisbaren Bedürfnisse, und so machte sich zuerst die Emissionstheorie, später aber die Undulationstheorie geltend, die selbst wiederum nicht unwahrscheinlich durch die Ergebnisse künftiger Forschung modificirt werden wird. Ich sage dies, um anzudeuten, daß es nothwendig ist, immer die Thatsachen oder Erfahrungssätze festzuhalten und die Hypothesen blos als Zufälliges — als Verbindungsmittel — zu betrachten.

Das Licht braucht Zeit, um von einem Punkte zum andern zu kommen, und zwar legt es in jeder Sekunde 42000 Meilen zurück. Es ist vermuthet worden, daß das Licht verschiedener Gestirne eine ungleiche Geschwindigkeit haben könne, was indessen durch die Beobachtung sich nicht bestätigt hat.

Das Licht erscheint fast immer mit Wärme verbunden; ob die Wärme mit dem Lichte kommt, oder durch das Licht erregt wird, ob sie im ersten Falle schneller oder langsamer als das Licht sich bewegt, ist nicht entschieden; jedoch hat v. Wrede den Untersuchungsgang angegeben und eine Entscheidung in Aussicht gestellt.

Licht und Wärme vertheilen sich im Raume und werden dabei immer schwächer, je weiter man von der Quelle sich entfernt. Von einem leuchtenden Punkte a (Fig. 20) fällt auf die Quadrate A, B, C eine gleiche Lichtmenge, aber wenn die Entfernungen sich wie 1, 2, 3 verhalten, so ist dieselbe Lichtmenge in B auf die vierfache, in C auf die neunfache Fläche vertheilt. Derselbe Flächenraum erhält also in doppelter Entfernung nur $^1/_4$, in dreifacher Entfernung $^1/_9$ des Lichts. Man drückt dies so aus: die Lichtstärke nimmt im Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen ab.

Dasselbe gilt von der Wärme und gilt auch, wie bereits oben erklärt worden ist, von der Anziehungskraft. Wer die Verhältnisse etwas genauer betrach-

Digitized by Google

ten will, wird leicht einsehen, daß jede Kraft, die von einem Punkte nach allen Richtungen geradlinig ausgeht, auf immer größere Räume sich vertheilt, übereinstimmend mit dem eben ausgedrückten Gesetze. Wenn man sagt, daß eine Kraft in gerader Linie sich fortpflanzt oder wirkt, so ist damit auch gesagt, daß sie nach dem Quadrate der Entfernung abnehmen müsse.

Anziehungskraft, Licht, Wärme zeigen in ihrem Verhalten im Allgemeinen viele Aehnlichkeit, aber auch manchen bemerkenswerthen Unterschied. Die Anziehungskraft durchdringt Alles: so wird der Mond, wenn die Erde zwischen ihm und der Sonne ist, eben so stark von der Sonne angezogen, als wenn die Erde nicht da wäre. Das Licht geht nur durch wenige Körper, — Wasser, Glas, Luft —; verliert aber an Stärke und ändert in der Regel mehr oder weniger seine Richtung. Mit der Aenderung der Richtung ist zugleich das Zerfallen in mehrere Farben (prismatische Farben) verbunden.

Der Wärme — als Begleiterin des Lichtes betrachtet — müssen wir dieselben Eigenthümlichkeiten hinsichtlich der Fortpflanzung, wie sie eben für das Licht angegeben worden sind, beilegen: sie durchdringt mit dem Lichte durchsichtige Körper, ändert mit dem Lichte ihre Richtung, begleitet in bestimmtem Verhältnisse die einzelnen prismatischen Farben. Geht dagegen die Wärme in solche Körper über, welche das Licht nicht zu durchdringen im Stande ist, so hört die geradlinige Bewegung sowohl als die Lichtgeschwindigkeit auf und die Wärme breitet sich langsam nach allen Richtungen gleichmäßig aus.

Die sämmtlichen hier angeführten Sätze finden in der Astronomie gelegenheitliche Anwendung und werden mit der Zeit weit größere Bedeutung erlangen, wenn es gelingen sollte, hinreichend feine Hülfsmittel zur Untersuchung der von den verschiedenen Himmelskörpern ausgehenden Licht- und Wärmestrahlen herzustellen.

21. Messung der Lichtstärke. Die Wärme messen wir mit dem Thermometer: für das Licht haben wir kein geeignetes Messungsmittel, so sehr es auch von Interesse wäre, Bestimmungen darüber zu erhalten. Bisher hat man blos Schätzung angewendet; was man aber auf solche Weise erhält, ist mehr eine Klassification, als eine wirkliche Maßbestimmung. Bei der Schätzung wie bei der Messung bietet die Farbe ein wesentliches Hinderniß dar: so kann man z. B. ein rothes und ein blaues Licht nicht mit einander absolut vergleichen. Außerdem ist noch ein wichtiger Umstand in Betracht zu ziehen, den man bisher stets übersehen hat. Es ist möglich, daß, wenn man das Licht eines Sternes erster Größe um die Hälfte vermindert, der Eindruck auf das Auge noch halb so stark ist. Es ist möglich, daß dies auch noch bei einem Sterne 5ter Größe der Fall sei: entschieden hört aber das gleichmäßige Fortschreiten bei den Sternen 6ter Größe auf; denn die Hälfte des Lichts eines Sterns 6ter Größe verschwindet dem freien Auge ganz. Mit andern Worten, es ist möglich (aber noch nicht erwiesen), daß der Eindruck, den das Licht auf das Auge macht, bei mittlerer Intensität, der Lichtmenge proportional ist: gegen die Grenzen hin, sowohl bei sehr starkem als bei sehr schwachem Lichte, hört die Proportionalität auf.

22. Das Sehen, scheinbare Größe, und deren Maßangabe. Das Sehen ist eine so einfache und so häufig angewendete Operation, daß wohl Jeder eine richtige Vorstellungen davon haben sollte, und doch liegt gerade in der Unrichtigkeit mancher von Jugend auf angenommenen Vorstellung bezüglich auf das Sehen eine Hauptschwierigkeit, auf welche man stets trifft, wenn man von astronomischen Erscheinungen eine Erklärung geben will. Es wird nämlich bei irdischen Gegenständen mit dem Sehen die Vorstellung von Entfernung unzer-

Digitized by Google

trennlich verbunden, und dies hat zwei Folgen, für's Erste, daß wir die Gegenstände anders sehen (oder zu sehen glauben), als sie wirklich sich darstellen, und für's Zweite, daß wir einer Grundlage bei Beurtheilung der Erscheinungen zu entbehren glauben, sobald der Begriff von Entfernung wegfällt. Ob man ein Haus von einer Entfernung von 50 Schritten oder von einer Entfernung von 100 Schritten ansieht, ist nach der gewöhnlichen Vorstellungsweise gleichgültig: es wird im einen wie im andern Falle als gleich groß beurtheilt, während das Bild, welches sich dem Auge darstellt, im zweiten Falle nur halb so groß ist, wie im ersten: Wir bringen nämlich beim Sehen die Entfernung gleich in Anschlag. So sehr ist man gewohnt, die Entfernung in Anschlag zu bringen, daß Ungeübte auch bei astronomischen Gegenständen eine Entfernung sich denken, und darnach die Größe beurtheilen. Es ist mir nicht selten vorgekommen, daß, wenn Mehrere einen Planeten, z. B. den Jupiter, durch ein Fernrohr ansahen, der Eine den Durchmesser der Scheibe zu einem Zoll angab, während Andere einen Durchmesser von 4 bis 6 Zoll wahrzunehmen glaubten. Offenbar liegt der Grund hievon nur darin, daß der Eine sich den Planeten näher, der Andere entfernter gedacht hat. Beim Sehen mit freiem Auge tritt ebenfalls, wo die Entfernung wegfällt, dieselbe Unsicherheit in der Beurtheilung hervor: so werden Manche den Sonnen-Durchmesser zu 1 Fuß, Andere zu ½ Fuß angeben; Jeder aber fühlt die Unsicherheit und schwankt in seinem Urtheile, sobald er in solchem Falle eine Maßbestimmung aussprechen soll. Gleichwohl unterliegt es keinem Zweifel, daß in der geschichtlichen Vorzeit Längenmaße auf den Himmel übertragen versucht worden ist; so geben die chinesischen Annalen durchgängig die Länge der Kometen-Schweife, den scheinbaren Zwischenraum zwischen den Kometen und einzelnen Sternen u. s. w. in Fußen und Ellen an. Dem Scharfsinne der Griechen entging es nicht, daß auf solche Weise eine richtige Bestimmung niemals auszuführen sei; sie wählten deßhalb den Umkreis des Himmels (einen größten Kreis um den Himmel gezogen), als Maß, und bestimmten darnach Bewegung und scheinbare Größe. So konnten sie sagen, daß der Mond jeden Tag um $^1/_{30}$ des Umkreises fortschreite; daß die Hauptsterne im kleinen Hund und im Adler um die Hälfte des Umkreises von einander abstehen u. s. w. Auf solche Weise machten sie die Angaben unabhängig von Entfernung und allgemein gültig. Die Einrichtung war bequem genug, so lange es um größere Zwischenräume als $^1/_3$, $^1/_4$ . . . des Umkreises sich handelte; bei kleineren Angaben wurden die Brüche unbequem; unterdessen setzten die alten Astronomen diese Bruchtheilung sehr weit fort: so gab Aristarchus an, daß der Durchmesser der Sonne $^1/_{720}$ des Himmels-Umkreises ausmache, d. h. 720 Sonnen neben einander gestellt, den ganzen Umkreis ausfüllen würden, was gar nicht viel von der Wahrheit abweicht. Von Archimedes, dem Urvater der Meßkunst, sind ähnliche Bestimmungen vorhanden. Eine bequeme Ausdrucksweise führte erst Ptolemäus ein, indem er den ganzen Umkreis in 360 Grade eintheilte, und die Zwischenräume am Himmel in Graden und Brüchen von Graden ($^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_6$) angab. Die Ptolemäische Gradeintheilung ist jetzt noch im Gebrauche: als Unterabtheilungen werden aber in der Regel nicht mehr Brüche, sondern Minuten (60 zu einem Grade) und Sekunden (60 zu einer Minute) gebraucht.

23. Scheinbare Gestalt und scheinbare Bewegung. Wenn die wirkliche Gestalt eines Körpers gegeben ist, so lehrt die Optik, unter welcher Form oder mit welcher Begränzung derselbe gesehen wird. Für die Rechnung ist dies eine, wenn nicht schwierige, doch in den meisten Fällen umständliche Aufgabe; wo es aber nur auf eine Vorstellung überhaupt, nicht auf präcise

Digitized by Google

Zahlenbestimmungen ankommt, möchte wohl Niemand eine Schwierigkeit darin finden. Gleiches gilt von der scheinbaren Form der Bahn, in welcher sich ein Körper bewegt. Daß z. B. eine Kugel als eine flache Scheibe, daß der Ring des Saturn, der an und für sich rund ist, weil wir ihn von der Seite ansehen, oval erscheint, daß die fast kreisrunden Bahnen der Saturns-Satelliten, die wir ebenfalls schief, nicht senkrecht, sehen, als längliche Ellipsen sich darstellen, daß die Jupiters-Trabanten, deren Bahnebene fast mit der Gesichtslinie zusammenfällt, in gerader Linie hin und her zu gehen scheinen, einmal vor, einmal hinter dem Jupiter — dies Alles begreift Jeder leicht. Dagegen haben wir einen andern Umstand bei den scheinbaren Bewegungen der Gestirne zu erwähnen, welcher unter allen vorkommenden Verhältnissen am meisten dazu beiträgt, die Astronomie für den eigentlichen Beobachter, wie für den bloßen Beschauer des Himmels verwickelt zu machen, ich meine die Bewegung der Erde und die Uebertragung dieser Bewegung auf die Gestirne. Wir sind von Natur aus gewohnt, uns stets unsern eigenen Standpunkt als feststehend und unbeweglich zu denken, und alle Ortsveränderung den Gegenständen außer uns zuzuschreiben. So scheint es demjenigen, der auf einem Schiffe fortgetragen wird, daß die Ufer vorüberziehen, das Schiff dagegen stille stehe; ebenso hat es für uns den Anschein, als wenn der gestirnte Himmel von Osten nach Westen sich bewege, während in der Wirklichkeit unser Standpunkt durch die Umdrehung der Erde in entgegengesetzter Richtung vorübergeführt wird. In gleicher Weise tragen wir die jährliche Bewegung der Erde in ihrer Bahn auf die Sonne und die Planeten über, lassen die Sonne, die in der Wirklichkeit unbeweglich steht, unter den Sternen von West nach Ost fortrücken, und die Planeten in schlangenförmigen Linien sich bewegen, während ihre wahre Bahn eine andere und viel einfachere Form hat. So wenig man sagen kann, daß ein Verhältniß, welches wir von Jugend auf bei irdischen Dingen gewohnt sind, an und für sich schwer begreiflich wäre, so unläugbar ist es auf der andern Seite, daß Niemand im Stande sein wird, die Erscheinungen des Himmels einzusehen, ohne sich mit diesem Verhältnisse und den daraus entstehenden Folgerungen durch ernstes Nachdenken vertraut gemacht zu haben.

24. Modification der einfachen Lichtgesetze. Die Lichtgesetze, die wir im Vorhergehenden angedeutet haben, erleiden unter besondern Umständen mancherlei Modificationen; für unsern Zweck wird es aber ausreichen, ein paar Bestimmungen hier anzuführen, auf welche wir uns später zu beziehen Veranlassung finden werden. Die Strahlen, die von einer begränzten Lichtfläche ausgehen, bringen auf der Netzhaut des Auges ein Bild hervor, dessen Größe, (wenn die nöthigen Data gegeben sind) sich berechnen läßt. Die Erfahrung aber zeigt, daß das Bild immer größer ist, als die Rechnung es gibt. Der Grund dieser Erscheinung liegt zum Theil in der Construction des Auges, welches die Strahlen nicht vollständig sammelt, zum Theile aber auch darin, daß, wenn eine Stelle der Netzhaut angeregt wird, diese Anregung den zunächst liegenden Stellen sich mittheilt. Je heller die Lichtfläche und je empfindlicher die Netzhaut ist, desto weiter geht der Lichteindruck über die eigentlichen Gränzen des Bildes hinaus. Den hier bezeichneten Erfolg nennt man Irradiation; in der weniger wissenschaftlichen Sprache wird er so ausgedrückt, daß man sagt, die Bilder seien mit falschem Lichte umgeben. Gute Fernröhre vermindern gewissermaßen diesen Fehler, indem sie das Bild vergrößern, aber nicht das falsche Licht. Aus dem Vorhergehenden folgt, daß ein Fernrohr bei starker Vergrößerung eine helle Lichtfläche unter kleinerem Winkel zeigt, als wenn eine kleinere Vergrößerung angewendet wird, vorausgesetzt, daß das Fernrohr selbst die Strahlen gehörig

Digitized by Google

sammelt. Nehmen wir beispielsweise an, daß die Irradiation des Sonnenbildes ohne Fernrohr auf der Netzhaut $^1/_{10}$ des Durchmessers betrage, so würde aus dem eben Gesagten folgen, daß durch ein Fernrohr mit 10maliger Vergrößerung das Sonnenbild nur um $^1/_{100}$ zu groß gesehen wird: bei 100maliger Vergrößerung müßte die Irradiation nur $^1/_{1000}$ des Durchmessers betragen.

Hiemit stimmt denn auch die aus vielfacher Beobachtung ermittelte Thatsache überein, daß kleine Fernröhre (bei denen natürlich auch die Vergrößerung kleiner ist) den Durchmesser der Sonne und des Mondes im Winkelmaß größer geben, als Fernröhre mit größeren Dimensionen.

Eine zweite Modification der Lichtgesetze, die für den Astronomen von Interesse ist, besteht darin, daß, wenn ein Lichtstrahl an einer Kante vorbeigeht, eine Ablenkung von der geraden Linie einwärts und auswärts, und dadurch eine Trennung der Farben erfolgt. Der Fall kommt bei Sonnenfinsternissen und Sternbedeckungen vor; unterdessen lassen sich nicht alle hieher bezüglichen Phänomene, welche von den Astronomen beobachtet worden sind, durch die von den Physikern aufgestellten Gesetze befriedigend erklären.

25. Fernröhre. Es ist aus der Optik bekannt, und Jeder kann leicht selbst durch den Versuch sich davon überzeugen, daß eine Glaslinse A B (Fig 21) in einer gewissen Entfernung auf einem Bogen Papier C D ein kleines, scharf begrenztes, aber verkehrtes Bild der davor befindlichen Gegenstände darstellt. Die Entfernung, in welcher das Bild entsteht, nennt man die Focaldistanz, oder Brennweite der Linse. Läßt man das Bild in der Luft entstehen, und sieht es mit der kleinen Linse (Loupe) a b an, so wird es vergrößert. Damit sind die Bedingungen eines astronomischen Fernrohres ausgedrückt, und so waren auch die Fernröhre von Galilei, Cassini und andern Astronomen des 17. Jahrhunderts construirt. Die Linse A B nennt man das Objectiv, und a b das Ocular. Die Wirkung des Objectivs hängt von zwei Bedingungen ab, — von der Oeffnung (dem Durchmesser A B der Linse), und von der Brennweite. Je größer die Oeffnung, desto mehr Licht geht hinein, desto heller wird das Bild; je länger die Brennweite des Objectivs, desto größer wird das Bild. Die Vergrößerung der Objekte durch das Fernrohr hängt aber nicht vom Objectiv allein, sondern vom Verhältnisse des Objectivs und Okulars ab. Bei Anwendung desselben Objektivs werden die Gegenstände um so größer erscheinen, je mehr das Okular an und für sich vergrößert.

Die Vergrößerung durch das Okular ist nur eine Ausbreitung des Bildes auf eine größere Fläche. Dabei wird begreiflicher Weise das Bild weniger hell; denn wenn man dieselbe Lichtmenge auf eine größere Fläche ausdehnt, so erhält jeder Punkt um so weniger Licht. Man kann an einem Fernrohre mehr oder weniger vergrößernde Okulare anbringen, jedoch nur bis zu einer bestimmten Grenze: über diese Grenze hinaus trifft man auf zweierlei Hindernisse; für's Erste wird das Bild zu dunkel, für's Zweite werden die Unvollkommenheiten des Bildes vergrößert in demselben Maße, wie das Bild selbst und bringen zuletzt eine gänzliche Entstellung zu Stande. Dieß wird begreiflich, wenn man bedenkt, daß keine Objektiv-Linse hinreichend genau geschliffen ist, um ein vollkommenes Bild zu geben: die vorkommenden kleinen Abweichungen werden aber erst wahrgenommen, wenn sie in zu sehr vergrößertem Maßstabe sich darstellen.

Noch ein dritter Umstand kommt bei der Vergrößerung in Betracht, nämlich die Ausdehnung des Gesichtsfeldes. Je stärkere Vergrößerungen angebracht werden, desto weniger sieht man auf einmal. Auch dies ist als ein sehr ungünstiger Umstand zu betrachten.

26. Achromatische Fernröhre. Bei der bisher beschriebenen Ein-

Digitized by Google

richtung der Fernröhre tritt der besondere Uebelstand ein, daß das Licht beim Durchgange durch die Objektiv-Linse in Farben zerlegt wird, wie es bei jeder Lichtbrechung der Fall ist. So entstehen, ebenso viele Bilder, als es Farben gibt (nach Newton's Annahme 7), die im Focus nicht vollkommen zusammenfallen, weil sie von merklich verschiedener Größe sind; und zwar ist das rothe Bild das größte, das violette das kleinste. Hievon kann man sich durch vielerlei Erscheinungen leicht überzeugen; so wird man z. B. an einem Bilde der Sonne, welches im Brennpunkte einer einfachen Linse entsteht, bemerken, daß während sich in der Mitte alle Farben zu Weiß verschmelzen, am Rande das rothe Licht merklich heraustritt. Dieses Verhältniß ist ungemein störend, weßhalb Gelehrte und Künstler sich sehr frühzeitig damit beschäftigt haben, Abhülfe dafür zu suchen; ihren Bestrebungen lag durchgängig die Idee zu Grunde, dem Objektiv eine zweite Linse, aus einer verschieden wirkenden Glasart beizugeben, welche die Farben wieder vereinigen sollte. Die Realisirung dieser Idee gelang zuerst dem englischen Künstler Dollond; er wendete dazu indessen drei Linsen an, wovon die mittlere aus Flintglas, die zwei andern aus Kronglas waren. In neuerer Zeit, insbesondere seit Fraunhofer, werden nur zwei Linsen gebraucht, die dicht an einander anliegen: die vordere (äußere) Linse ist von Kronglas, die zweite von Flintglas. Eine solche Verbindung von Linsen heißt eine achromatische (farblose). Wie beim Objektiv, so läßt sich auch bei dem Ocular das Entstehen von Farben verhindern, es ist dies jedoch meines Wissens bisher nur von Amici versucht worden. Gewöhnlich setzt man das Ocular aus zwei Linsen von demselben Glase zusammen und läßt das Bild zwischen den zwei Linsen entstehen: hiebei treten die Farben kaum in wahrnehmbarem Maße hervor.

27. Beurtheilung der Güte eines Fernrohres Wer so weit mit astronomischen Arbeiten sich zu beschäftigen gedenkt, daß er Fernröhre in Anwendung bringt, muß auch über die Güte der Fernröhre ein Urtheil zu fällen im Stande sein: deßhalb halte ich für zweckmäßig, hier die Prüfungsmethode in Kürze anzugeben.

Die fehlerhafte Beschaffenheit der Fernröhre äußert sich vornehmlich durch das Verziehen der Bilder, dann durch unvollständige Vereinigung der Strahlen überhaupt, und der verschiedenfarbigen Strahlen insbesondere. Um hierüber urtheilen zu können, stelle man in einer Entfernung von 80—100 Schritten, eine weiße Tafel mit schwarzen runden und eckigen Figuren etwa nach der Form (Fig. 22) auf*). Verzieht das Fernrohr, so erscheinen die Figuren nach der einen oder andern Richtung verlängert: vereinigt es die Strahlen nicht gehörig, so sieht man die Gränzen (Ränder) der schwarzen Figuren nicht so schwarz, wie die Figur selbst, sondern grau, es kommt nämlich von dem umgebenden weißen Lichte einiges hinein: hebt das Fernrohr die Farben nicht auf,

*) Die Figur ist eine Darstellung (in $^1/_{10}$ der wirklichen Größe) einer von Fraunhofer angefertigten und jetzt noch an der hiesigen Sternwarte aufbewahrten Tafel, an welcher er Fernröhre zu prüfen pflegte. In England und, wenn ich nicht irre, auch in Frankreich wird die Ansicht allgemein festgehalten, daß man, um über die Güte eines astronomischen Fernrohres zu urtheilen, die Gestirne damit betrachten müsse; wenn ein Fernrohr die Planetenscheiben ohne Farbensäume und genau begränzt, wenn es die Sterne wie glänzende Punkte zeigt, und nahe Doppelsterne scharf trennt, so wird es für gut erklärt. Fraunhofer, dem man das competentste Urtheil in dieser Hinsicht nicht absprechen kann, zog die oben angegebene Prüfungs-Methode vor, hauptsächlich aus dem Grunde, weil die Luft äußerst selten hinreichend rein ist, auch nicht so genau entschieden werden kann, wenn das Bild eines Sternes nicht rein erscheint, in wie ferne dies dem Fernrohre und in wie ferne der ungünstigen Luft zuzuschreiben ist. In Deutschland wird die Fraunhofer'sche Methode allgemein als die zweckmäßigste betrachtet.

Digitized by Google

so bemerkt man an den Gränzen einen farbigen Saum und zwar nach Umständen roth, grün, blau, violett. Eine unvollständige Vereinigung der Strahlen im Focus bemerkt man auch durch Verstellen des Oculars: ist das Objektiv gut, so gibt es nur eine Stellung des Oculars, wo das Bild vollkommen deutlich erscheint; bei einem minder guten Objektiv kann man das Ocular merklich verschieben, ohne sagen zu können, daß das Bild an Deutlichkeit und Schärfe gewinne oder verliere.

Das Bild eines Gegenstandes in einem vollkommenen Fernrohre sollte sich gleich bleiben, gleiche Schärfe der Gränzlinien und Helligkeit erhalten, man mag es in der Mitte des Feldes oder am Rande betrachten. Dasselbe sollte auch hinsichtlich der Farblosigkeit der Fall sein. Ich muß indessen bemerken, daß es unmöglich ist, alle Farben zu heben; und selbst bei den besten Fraunhofer'schen Fernröhren bleibt noch etwas Indigo und Violett übrig, Farben, die Fraunhofer als die unwirksamsten absichtlich vernachlässigt hat, um die übrigen desto genauer vereinigen zu können. Wenn aber ein Fernrohr an den Gränzlinien zwischen weiß und schwarz eine rothe, gelbe, grüne Färbung zeigt, so ist es entschieden nicht zu den bessern zu rechnen.

Die Unvollkommenheiten eines Objektivs treten um so stärker hervor, je mehr man das Bild vergrößert; es ist deßhalb zweckmäßig, bei der Prüfung mit dem schwächsten Oculare anzufangen, und stufenweise zu den stärkern überzugehen.

Ueberhaupt darf man bei Prüfung eines Fernrohres nicht vergessen, daß nirgends Vollkommenheit anzutreffen ist: von den vielen ganz verschiedenartigen Unvollkommenheiten, die vorkommen können, hat jedes Objektiv die eine oder andere in nicht unbeträchtlichem Grade. Man wird hiernach die Unsicherheit begreifen, die sich bei Beurtheilung von Fernröhren gewöhnlich zeigt.

28. Spiegel-Teleskope. Es ist sehr schwer, ein Objektiv gehörig zu bearbeiten, noch schwerer die dazu erforderlichen Glasstücke (besonders wenn es um größere Dimensionen sich handelt) herzustellen. Deßhalb hat man in früherer Zeit häufig und auch hie und da in der neueren Zeit zu Metallspiegeln seine Zuflucht genommen. Ein metallener Hohlspiegel bringt im Focus ebenso gut, wie ein Objektiv ein Bild hervor, welches mit einer Loupe angeschaut und vergrößert werden kann: daß das Bild vor dem Spiegel entsteht, und durch ein Prisma oder einen zweiten Spiegel seitwärts oder rückwärts reflectirt werden muß, ist gerade kein wesentliches Hinderniß; ein großer Uebelstand ist es aber, daß die Spiegel nach und nach ihre Reinheit und Politur verlieren, und alle zwei bis drei Jahre einer mehr oder weniger bedeutenden Umarbeitung bedürfen. Allgemein werden sie aus diesem Grunde niemals werden, dagegen können sie in den Händen einzelner Gelehrten, die zugleich technische Geschicklichkeit besitzen, und selbst mit der Verfertigung und Wiederherstellung der Spiegel sich befassen, Außerordentliches leisten, weil man ihnen jede beliebige Größe zu geben im Stande ist. Dem großen (40füßigen) Teleskop Herschel's ist an Wirkung noch kein achromatisches Fernrohr gleich gekommen, obwohl es an vielfachen Bemühungen, achromatische Fernröhre von mächtiger Wirkung herzustellen, in dem verflossenen halben Jahrhundert nicht fehlte. Daß auch von Herschel bei weitem das Höchste noch nicht erreicht worden ist, beweisen die neuern Unternehmungen von Lord Rosse, der Herschel's Leistungen in Hinsicht auf Größe der Spiegel noch um das Doppelte übertroffen hat.

29. Raumdurchdringende Kraft der Fernröhre. Es ist eine sehr allgemein verbreitete, aber irrige Ansicht, daß der Zweck der Fernröhre darin bestehe, die Gegenstände zu vergrößern. Die Vermehrung der Helligkeit beachtet man gewöhnlich nicht, obwohl diese Eigenschaft der Fernröhre

Digitized by Google

für den Astronomen eigentlich die wichtigere ist. Von dem Lichte, welches ein entfernter Punkt aussendet, gelangt (bei Beobachtung mit freiem Auge) auf die Netzhaut so viel, als die Oeffnung der Pupille aufnimmt, und erregt daselbst die Empfindung des Sehens. Betrachte ich denselben Punkt durch ein Fernrohr, so gelangt das ganze Licht, welches auf das Objektiv trifft, in's Auge, und die Empfindung wird im Verhältnisse stärker sein; sollte aber die Empfindung dieselbe bleiben, so müßte für das Fernrohr der leuchtende Punkt weiter entfernt werden. Ein Fernrohr macht also Gegenstände sichtbar, die weit jenseits der natürlichen Sehgrenze liegen, und dringt (um Herschel's Ausdruck zu gebrauchen) weiter in den Himmelsraum hinaus, als die natürliche Kraft des Auges.

Will man die „raumdurchdringende Kraft" der Fernröhre durch Zahlenwerthe bestimmen, so muß man berücksichtigen, daß wegen der unvollkommenen Durchsichtigkeit des Glases nur $^{9}/_{10}$ der Objektivöffnung in Rechnung zu bringen ist, außerdem ist der Himmelsraum selbst nicht vollkommen durchsichtig, und man kann nach Struve annehmen, daß $^{9}/_{100}$ vom Lichte der Sterne für eine natürliche Sehweite verloren geht. Nimmt man dann die Oeffnung der Augenpupille zu 2 Pariser Linien an, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Das freie Auge reicht auf							1	natürliche Sehweite	
Ein Fernrohr	von		1	Zoll	Oeffnung	„	$4^{1}/_{5}$	„	„
„	„	„	2	„	„	„	$7^{1}/_{3}$	„	„
„	„	„	3	„	„	„	10	„	„
„	„	„	4	„	„	„	12	„	„
„	„	„	5	„	„	„	14	„	„
„	„	„	6	„	„	„	$15^{3}/_{4}$	„	„
„	„	„	7	„	„	„	17	„	„
„	„	„	8	„	„	„	$18^{1}/_{2}$	„	„
„	„	„	9	„	„	„	20	„	„
„	„	„	$10^{1}/_{2}$	„	„	„	22	„	„
„	„	„	12	„	„	„	23	„	„
„	„	„	14	„	„	„	$24^{4}/_{5}$	„	„

Das größte bisher verfertigte achromatische Fernrohr dringt ungefähr 25 mal, das Riesen-Telescop von Lord Rosse etwa 50 mal weiter in den Himmelsraum vor, als das freie Auge. Es versteht sich übrigens wohl von selbst, daß man diese Zahlen nur als eine Näherung anzusehen habe.

Die hier eingeführte Betrachtungsweise erhält nur insofern eine Bedeutung, als das Sehen zur Schätzung der Entfernung angewendet wird, da wo uns alle andern Anhaltspunkte fehlen. So z. B. kann man (wenn die einzelnen Sterne als eben so viele Sonnen von gleicher Größe angenommen werden) sagen, daß der kleinste Stern, den man mit dem Dorpater oder Berliner Refractor (9 Zoll Oeffnung) noch wahrzunehmen im Stande ist, 20 mal weiter von uns entfernt sei, als die Sterne 6ter Größe. Dieses Princip ist insbesondere von W. Herschel angewendet worden, um die Vertheilung der Sterne im Raume zu bestimmen.

Digitized by Google

II. Uebersicht des Weltgebäudes.

30. Vertheilung der Weltkörper im Raume. Auf der Erdoberfläche finden wir es keineswegs schwierig, eine richtige Vorstellung von der Lage der Objekte, die uns umgeben, zu erlangen; wir sehen ihre Richtung, wir beurtheilen mit dem Auge vermöge einer von Jugend auf gewonnenen Uebung ihre Entfernung, und entwerfen uns hiernach ein Bild von ihrer Vertheilung im Raume. Wollen wir dieselbe Erkenntnißmethode auf die Gegenstände des Himmels anwenden, so treffen wir sogleich auf ein unübersteigliches Hinderniß: die Beurtheilung der Entfernung fällt weg. Welcher Zwischenraum trennt uns von Sonne und Mond? — Diese leuchtenden Punkte, die über uns bei der Nacht an einer Hohlkugel vertheilt erscheinen, sind sie in der Wirklichkeit neben einander dicht zusammengedrängt, oder sind sie im Raume zerstreut, und welche gegenseitige Lage haben sie? — Die unmittelbare Wahrnehmung gibt uns darüber keine Auskunft.

So weit die Geschichte zurückreicht, berichtet sie uns von Bemühungen der Menschen, die Erscheinungen des Himmels zu enträthseln; meistens ohne irgend befriedigenden Erfolg. Dem phantasiereichen griechischen Alterthume war die Erde eine Scheibe, welche ringsum der Ocean einschloß, über der Erde erhob sich der Himmel in Gestalt eines Gewölbes, und Atlas trug die Säulen, auf welchen das Gewölbe ruhte. Die Sonne trat Morgens bei Kolchis aus dem Ocean hervor und sank hinter dem Atlas Abends in den Ocean wieder hinab, um während der Nacht nordwärts bis Kolchis zurückzuschwimmen. In gleicher Weise erhoben sich die Sterne im Osten aus dem Ocean und verschwanden in demselben wieder im Westen. Diese Vorstellung, welche etwa ein Jahrtausend vor der christlichen Zeitrechnung sich geltend machte, wurde bald durch andere Systeme verdrängt, die nicht aus bloßer Anschauung, sondern theilweise oder ganz aus Speculation hervorgegangen waren; die Annäherung an die Wahrheit war indessen in den folgenden dritthalbtausend Jahren sehr langsam; denn im Grunde genommen sind die krystallenen Kugelschalen, durch welche man noch im 15ten Jahrhundert die Planeten und Fixsterne herumführen ließ, wenig besser, als das auf Säulen ruhende Himmelsgewölbe der ältesten Griechen.

Richtige Ideen über die Austheilung der Sterne im Raume und den Zusammenhang des Weltgebäudes sind eine Frucht neuerer Forschung; und zwar besitzen wir gegenwärtig nur einige Grundbestimmungen, nur eine allgemeine Skizze, die erst durch künftige Beobachtungen im Einzelnen vervollständigt und ausgearbeitet werden muß. Daß es so viele Mühe gekostet hat, etwas Sicheres über das Weltgebäude zu erforschen, lag nicht etwa in einer besondern Verwickelung des Systems selbst; denn Alles, was bisher mit Bestimmtheit am Himmel ermittelt werden konnte, deutet darauf hin, daß durchgängig die möglichste Einfachheit in allen Verhältnissen bestehe; die Schwierigkeit der Erforschung lag vielmehr hauptsächlich darin, daß die Natur dem Menschen einen höchst ungünstigen Standpunkt zur Betrachtung des Weltgebäudes angewiesen hat. Es ist deßhalb unbedingt nothwendig, daß wir, um eine Uebersicht des Weltsystems zu erhalten, einen geeigneten Standpunkt auswärts suchen und uns in Gedanken dahin versetzen. Stellen wir uns zu diesem Zwecke einen hellen Winterabend vor, etwa im Monat Februar. Wenn die Sonne schon einige Zeit im Westen verschwunden ist, so treten nach und nach die größern, später die kleinern Sterne hervor, und ist es vollkommen

Digitized by Google

dunkel geworden, ſo bemerkt man einen hellen, ungleichförmigen Streifen, die Milchſtraße, welche von Norden gegen Süden über die Mitte des Himmels herumgeht. Verlaſſen wir nun die Erde und entfernen uns in Gedanken gerade gegen Oſten in den Weltraum hinaus, ſo verſchwindet uns bald die Erde, die Sonne wird nach und nach den übrigen Fixſternen gleich, und ſind wir weit jenſeits der Fixſterne hinausgekommen, ſo erblicken wir die ganze Sternenmaſſe als eine flache Scheibe, Fig. 23. In dieſer Scheibe, und zwar, wie die genauere Unterſuchung andeutet, etwas unterhalb der Mitte und der Nordſeite näher in a, befindet ſich unſere Sonne. Dieſelbe Fixſternmaſſe von einem weit entlegenen Standpunkte im Norden betrachtet, ſtellt ſich in linſenförmiger Geſtalt (Fig. 24) dar. Von dieſer Seite her ſieht man unſere Sonne ungefähr in a etwas abwärts und weſtlich von der Mitte der Figur. Der Raum, den die Geſammtheit der Fixſterne einnimmt, iſt begreiflicher Weiſe ſehr ausgedehnt; um ungefähr eine Vorſtellung davon zu geben, will ich nur bemerken, daß nach Herſchel's Angabe von d bis e 155 Sterne in eine Linie geſtellt werden könnten, ſo daß die Zwiſchenräume ſo groß wären, wie die Entfernung unſerer Sonne von dem nächſten Fixſterne; von f bis g hätten 850 Sterne mit gleichen Zwiſchenräumen Platz. Die ganze Anzahl der Sterne, die in dieſer Scheibe enthalten ſind, wird von Struve auf etwas mehr als 20 Millionen angegeben.

Der Anblick, den uns der geſtirnte Himmel darbietet, erklärt ſich aus der obigen Vorſtellung ſehr genügend. Nach welcher Richtung wir immer in den Weltraum hinausſehen, ſo begegnet unſer Blick einer Menge von Sternen theils näheren, welche größer oder heller, theils entfernteren, welche kleiner erſcheinen; aber nach den verſchiedenen Richtungen hin wird die Anzahl der Sterne ſehr ungleich ſein. Gerade gegen Weſten — unter Vorausſetzung der oben angenommenen Stellung des Himmelsgewölbes — müſſen wir am wenigſten finden, öſtlich bietet ſich eine etwas dickere Schichte dar; nach der Richtung der Milchſtraße dagegen wird eine ungleich größere Menge ſich zeigen. Dabei muß noch der bemerkenswerthe Umſtand hervorgehoben werden, daß größere Sterne nach allen Richtungen ungefähr in gleicher Menge erſcheinen werden, und nur bei den kleineren und entfernteren der Unterſchied der Dichtigkeit auffallend ſein wird. Alles dieſes ſtimmt ſehr wohl mit dem Anblicke des Himmels überein.

31. Zuſammenhang zwiſchen den verſchiedenen Weltkörpern. Fragt es ſich um die Verhältniſſe der einzelnen Fixſterne, ſo würde man vielleicht von Anfang es für das einfachſte und wahrſcheinlichſte halten, daß jedem Fixſterne urſprünglich eine beſtimmte Stelle im Weltraume angewieſen worden wäre, in der er unbeweglich verbleiben ſollte; bei näherer Betrachtung erweiſt ſich indeſſen dieſe Hypotheſe als unzuläſſig; denn da, wie in der Folge ſich zeigen wird, alle Himmelskörper ſich gegenſeitig anziehen, ſo kann nirgends Ruhe beſtehen. Die bisherigen Beobachtungen beſtätigen dieß in vielfacher Weiſe und zeigen mit Beſtimmtheit, daß unſere Sonne ſowohl als die übrigen Fixſterne von Jahr zu Jahr in ſtetiger Bewegung langſam vorwärts gehen. Es läßt ſich zwar jetzt noch aus der Beobachtung nicht nachweiſen, wie die Bewegung beſchaffen iſt; wir dürfen indeſſen ohne Bedenken annehmen, daß, ſo wie die Planeten um die Sonne herumgehen, auch die Fixſterne unter analogen Bedingungen um einen in der Mitte befindlichen Centralkörper — um die Centralſonne — ſich bewegen werden. Die Centralſonne müßte nach Fig. 23 und 24 in c ſich befinden; aus Fig. 24 iſt zugleich zu entnehmen, daß von uns aus geſehen die Centralſonne nicht in der Milchſtraße, ſondern etwas öſtlich davon, und zwar nach der oben angenom-

Digitized by Google

menen Stellung der Milchstraße südöstlich treffen wird. Als Centralsonne nimmt Mädler den Hauptstern der Plejadengruppe Alcyone an, was mit dem Vorhergehenden vollkommen übereinstimmt; denn im Februar, wenn die Milchstraße Abends in die Mittagslinie kommt, sieht man die Plejaden südöstlich vom Zenit.

Oben ist bemerkt worden, daß unser Sternsystem eine Anzahl von mehr als 20 Millionen Sternen umfaßt. Darunter werden nun ohne Zweifel einige etwas größer, einige etwas kleiner sein, auch in der Größe der Zwischenräume werden mehr oder minder beträchtliche Unterschiede vorkommen. Ob die Astronomie in Zukunft dahin gelangen wird, die speciellen Verhältnisse der einzelnen Körper dieser ungeheuren Masse zu bestimmen, wollen wir hier nicht weiter zu entscheiden suchen; jedenfalls kann jetzt nicht davon die Rede sein. Alles, was wir über Vertheilung der Sterne und über die Größe der davon erfüllten Räume gegenwärtig sagen können, beschränkt sich auf gewisse Ueberschlagszahlen, wobei wir ungefähr so zu Werke gehen, als wenn wir einen großen Sandhaufen vor uns hätten.

Wenn man überschlagsweise ermitteln will, wie viele Körner in einem Sandhaufen enthalten sind, so hebt man ein bestimmtes Maß, z. B. einen Kubikzoll heraus, und zählt die Körner. Weiß man dann auch, wie viele Kubikzoll der Sandhaufen hat, so läßt sich die ganze Körnerzahl daraus berechnen. In gleicher Weise kann man bei einzelnen Theilen des Sandhaufens verfahren. Es ist übrigens gleichgültig, ob man die Körnerzahl, welche ein Kubikzoll enthält, bei der Rechnung zu Grunde legt, oder ob man aus dem Kubikzoll bestimmt, wie groß das Maß eines Sandkorns ist, und wie weit die Mittelpunkte von je zwei Sandkörnern von einander abstehen; in diesem Falle betrachtet man die sämmtlichen Körner als gleich groß und mit gleichen Intervallen an einander gereiht. Die letztere Betrachtungsweise wird bei den Sternen in Anwendung gebracht, die wir alle unserer Sonne gleich und in gleichen Intervallen vertheilt uns vorstellen. Das Intervall zwischen je zwei Sternen nennen wir eine Sternweite. Die weitere Entwicklung dieser Idee müssen wir einem spätern Abschnitte, wo speciell von den Fixsternen gehandelt werden soll, vorbehalten.

III. Das Sonnensystem überhaupt.

1. Die Planeten.

32. Zahl der Planeten und ihre Austheilung im Raume. Unser Sonnensystem, welches dem vorigen Abschnitte zufolge einen so kleinen Raum im Weltgebäude einnimmt, daß es kaum in Fig. 23 und 24 angedeutet werden konnte, erscheint in Fig. 26 in größerem Maßstabe gezeichnet; der Deutlichkeit wegen habe ich noch in Fig. 25 den innern Theil des Systems speciell dargestellt.

Im Ganzen umfaßt das System folgende Theile: die Sonne als Centralkörper in der Mitte; innere Gruppe vier Planeten: Mercur, Venus, Erde, Mars; äußere Gruppe wieder vier Planeten: Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, und dazwischen die sogenannten Asteroiden oder kleinen Planeten,

Digitized by Google

die in derselben Zone herumgehen und wovon wir jetzt dreizehn kennen: Flora, Victoria, Iris, Vesta, Metis, Hebe, Parthenope, Asträa, Egeria, Juno, Ceres, Pallas, Hygiea.

Wenn wir vom Planetensysteme reden, so wird dem Worte System nicht etwa der strenge Sinn unterlegt, als stünden alle Verhältnisse so genau mit einander im Zusammenhange, daß man keinen Theil ändern könnte, ohne den Zweck des Ganzen zu zerstören. Uns ist kein anderer Zweck bekannt, als daß eine regelmäßige Umkreisung stattfinden soll, und fassen wir blos diese Bestimmung in's Auge, so lassen sich in fast allen Verhältnissen sehr bedeutende Aenderungen vornehmen, ohne das Bestehen des Systems dadurch zu gefährden. Wäre Saturn beträchtlich der Sonne näher, oder weiter davon entfernt, so würde er — natürlich mit anderer Geschwindigkeit — seinen Lauf eben so gut als jetzt ohne Hinderniß vollenden. In gleicher Weise könnte man den Mars und Uranus um das Zehnfache größer machen, als sie jetzt sind, ohne deßhalb eine wesentlich veränderte Gestaltung des Planetensystems herbeizuführen. Aehnliches gilt von der Zahl der Planeten, die willkürlich vermehrt werden könnte. Allerdings gibt es gewisse Gränzen, die nicht überschritten werden dürfen, weil sonst der Betrag der Störungen zu weit heranwachsen und der Stabilität des Systems gefährlich werden könnte; innerhalb dieser Grenzen sind übrigens unendlich viele Aenderungen in der Zahl, Größe, Austheilung der Planeten möglich, und es kann hierin, so weit wir das System kennen, von Gesetzen gar nicht die Rede sein. Ob übrigens wir einen richtigen Begriff von dem Zwecke des Planetensystems haben, ist eine ganz andere Frage. Nicht nur aus allgemeinen Gründen haben wir diese Frage verneinend zu beantworten, sondern wir besitzen sogar Andeutungen von Verhältnissen, denen ein gesetzmäßiges Wirken zu Grunde liegt. So sehen wir, daß die sämmtlichen Planeten ungefähr in einer und derselben Ebene um die Sonne herumgehen, und daß alle in demselben Sinne sich bewegen von Westen nach Osten. Eben so ist in der Dichtigkeit der Planeten nicht etwa die Verschiedenheit vorhanden, die bei einer willkürlichen oder zufälligen Zusammensetzung zu erwarten wäre, sondern wir finden alle Planeten der innern Gruppe nahe gleich compact, und eben so treffen wir bei der äußern Gruppe eine zwar weit geringere, aber auch wieder allen Individuen der Gruppe (wenigstens so weit wir vermuthen können) gemeinschaftliche Dichtigkeit an. Noch merkwürdiger erscheint die Austheilung der Planeten im Raume, welche so beschaffen ist, daß jeder Planet von dem nächstfolgenden (äußern) sehr nahe doppelt so weit entfernt ist, als von den nächst vorausgehenden (innern). In folgender Tabelle sind die nach diesem Gesetze berechneten Entfernungen der Planeten von der Sonne und die Abweichung von den wirklichen Entfernungen zusammengestellt:

$4 \ldots\ldots$	$=$	4	Merkur, zu groß um $\frac{1}{33}$,
$4 + 3.\ 2^0$	$=$	7	Venus, zu klein um $\frac{1}{33}$,
$4 + 3.\ 2^1$	$=$	10	Erde (als Basis angenommen),
$4 + 3.\ 2^2$	$=$	16	Mars, zu groß um $\frac{1}{20}$,
$4 + 3.\ 2^3$	$=$	28	Asteroiden,
$4 + 3.\ 2^4$	$=$	52	Jupiter, zu klein um $\frac{1}{1700}$,
$4 + 3.\ 2^5$	$=$	100	Saturn, zu groß um $\frac{1}{20}$,
$4 + 3.\ 2^6$	$=$	196	Uranus, zu groß um $\frac{1}{50}$,
$4 + 3.\ 2^7$	$=$	388	Neptun, zu groß um $\frac{1}{5}$.

Es würde unmöglich sein, eine so genaue Uebereinstimmung dem Zufalle zuzuschreiben.

Digitized by Google

Aus den obigen Andeutungen, zusammen genommen, dürfen wir mit Recht schließen, daß bei der Zusammensetzung des Planetensystems gesetzmäßige Verhältnisse vorhanden waren und Bedingungen haben erfüllt werden sollen, welche aller astronomischen Forschung bisher entgangen sind.

Es ist uns aber nicht nur die Grundlage des Systems, sondern auch dessen Ausdehnung unbekannt; wenigstens haben wir keinen Grund zu glauben, daß bereits alle Planeten entdeckt seien. So gut als 13 Asteroiden zwischen Mars und Jupiter in nahe gleicher Distanz sich bewegen, könnte eine weit größere Anzahl vorhanden sein; es ist sogar nothwendig, eine sehr beträchtliche Anzahl dieser kleinen Körper anzunehmen, wenn sie (wie es die Olbers'sche Hypothese fordert) zusammengenommen einem großen Planeten an Masse gleich kommen sollen; und daß jenseits des Neptun noch andere Planeten sich befinden, ist nicht blos möglich, sondern in hohem Grade aus mehrfachen Andeutungen wahrscheinlich. Je fleißiger bisher der Himmel beobachtet worden ist, desto mehr hat sich die Zahl der Planeten vermehrt und es darf zuverlässig von weiterer Forschung ein ähnliches Ergebniß erwartet werden. Um übrigens in die Regionen jenseits des Neptun vorzudringen, bedarf es mächtigerer Sehwerkzeuge, als die meisten Sternwarten jetzt noch besitzen.

33. Allgemeines Gravitationsgesetz, Bewegung der Planeten. Gehen wir von den für uns noch dunkeln und geheimnißvollen Grundbedingungen des Planetensystems auf die Bewegung der einzelnen Körper über, so hört alle Ungewißheit auf. Im Weltgebäude überhaupt herrscht, insofern es sich um Bewegung handelt, ein allgemeines Gesetz, das Gravitationsgesetz, dessen Bedeutung wir bereits (§. 6.) entwickelt haben. Jeder Körper zieht den andern an im Verhältnisse seiner Masse; die Größe der Anziehung nimmt ab, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen. Das Gravitationsgesetz regiert bloß die Planetenbewegung, oder leitet sie in ihrer Fortdauer, bringt sie aber nicht hervor. Auch dem Astronomen ist es Bedürfniß, zur Erklärung des Bestehenden einen Akt, der den Körpern Bewegung ertheilte — eine Weltschöpfung — anzunehmen; da es aber blos um eine Vorstellung zu thun ist, so können wir die Form möglichst einfach wählen. Wir wollen deßhalb annehmen, daß jeder Planet ursprünglich in eine bestimmte Entfernung von der Sonne hingestellt wurde, und senkrecht gegen die Richtung der Sonne einen Stoß erhalten hat (Fig. 9). Wir haben (§. 11.) gesehen, daß auf solche Weise, wenn die Stärke des Stoßes innerhalb bestimmter Grenzen bleibt, eine elliptische Bewegung des Planeten um die Sonne, welche den Brennpunkt der Ellipse einnehmen wird, zu Stande kommt. Die größere oder kleinere Dehnung der Ellipse hängt von dem Verhältnisse des Stoßes zur Anziehungskraft der Sonne ab. An und für sich wäre nun dieses Verhältniß willkürlich, und es gibt in der Natur der Dinge keinen Grund, warum die Planetenbahnen etwas mehr oder weniger gedehnt sein sollten; unterdessen haben wir oben schon so viele Umstände aufgeführt, welche darauf hindeuten, daß der Ordner des Weltgebäudes nicht blos die Planeten überhaupt in Bewegung zu setzen, sondern ihnen bestimmte Bahnen anzuweisen beabsichtigte, und hier kommt noch ein neuer Umstand von ähnlicher Art hinzu. Bei sämmtlichen Planeten war die Stärke des Stoßes verschieden, aber immer ist ein solches Verhältniß zur Anziehung gewählt worden, daß der Planet eine sehr wenig vom Kreise abweichende Ellipse beschreiben mußte. Die Abweichung vom Kreise ist in der That in den meisten Fällen so klein, daß man sie in der Zeichnung kaum wahrnehmbar machen kann.

Digitized by Google

Daraus folgt nun, daß man die Bahnen der Planeten da, wo nicht größere Genauigkeit gefordert wird, als Kreise annehmen darf, worin sie sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegen. Auch die Astronomen begnügen sich häufig mit dieser einfachen Berechnung, und betrachten sie als erste Annäherung. Unter dieser Voraussetzung hat man folgende Zusammenstellung:

Namen.	Entfernung von der Sonne in Meilen.	Weg, der in einer Minute zurückgelegt wird, in Meilen.	Umlaufzeit Jahre.	Monate.
Merkur	8 Millionen	397	—	3
Venus	15 „	290	—	7
Erde	20½ „	247	1	—
Mars	31½ „	200	1	10½
Vesta	48¾ „	161	3	7½
Juno	55¼ „	151	4	4⅓
Ceres	57¼ „	148	4	7⅓
Pallas	57⅓ „	148	4	7⅓
Jupiter	107½ „	108	11	10⅓
Saturn	197¼ „	80	29	5½
Uranus	396¾ „	56	84	0¼
Neptun	625¾ „	44	165	6

Wären die Planetenbahnen wirklich Kreise, so würde die Berechnung ungemein einfach sein. Die Bewegung in der Ellipse beruht nun zwar auf minder einfachen Verhältnissen; ist indessen die Ellipse wenig von einem Kreise verschieden, so kann man leicht vom Kreise auf die Ellipse übergehen. Dieß ist auch der Weg, den die Astronomen befolgen. Wenn sie zuvörderst, wie oben angedeutet wurde, als erste Annäherung den Ort des Planeten im Kreise berechnet haben, bestimmen sie den Unterschied zwischen der Kreis- und Ellipsenbewegung und fügen diesen Unterschied zum Kreisorte hinzu; dieß wird dann als zweite Annäherung betrachtet. Die Rechnungsvorschriften für jeden gegebenen Fall gehören nicht zu unserem Zwecke, es genügt uns zu wissen, daß in der Ellipse die Entfernung in einem Theile etwas größer, im andern etwas kleiner ist; daß die Planeten einmal schneller, einmal langsamer sich bewegen, und somit gegen die Kreisbewegung einmal voraneilen, einmal zurückbleiben. Die Grenzen, innerhalb welcher die Bewegung eingeschlossen ist, lassen sich aus folgender Tabelle ersehen:

Namen.	Unterschied der größten und kleinsten Entfernung von der Sonne.	Unterschied der größten und kleinsten Geschwindigkeit in 1 Minute.	Größter Betrag des Voraneilens und Zurückbleibens.
Merkur	3¼ Mill. Meilen	170 Meilen	23°. 40'7
Venus	⅕ „ „	4 „	0 . 47'2
Erde	¾ „ „	8 „	1 . 55'5
Mars	5¾ „ „	38 „	10 . 41'6
Vesta	8¾ „ „	29 „	10 . 9'4
Juno	28¼ „ „	83 „	29 . 30'7
Ceres	8¾ „ „	23 „	8 . 48'0
Pallas	27¾ „ „	76 „	27 . 55'4
Jupiter	10⅓ „ „	10 „	5 . 31'2
Saturn	22 „ „	9 „	6 . 26'2
Uranus	37 „ „	5 „	5 . 20'5
Neptun	11 „ „	¾ „	1 . 0'8

Digitized by Google

Die Entfernung von der Sonne ist, wie man sieht, einer an und für sich beträchtlichen Aenderung unterworfen; im Verhältnisse zu den Räumen des Himmels erscheint übrigens die Aenderung sehr klein. Wo es sich um viele Millionen handelt, ist ein Mehr oder Weniger von einigen hundert Tausend als unbedeutend zu betrachten. Von den großen Planeten ändern die meisten ihre Entfernung nicht um mehr als den zehnten Theil; die größte Aenderung kommt bei Juno vor und beträgt die Hälfte der ganzen Entfernung.

Wir haben bei den allgemeinen Bewegungsgesetzen (§. 15. 16.) gesehen, daß die Planeten im strengen Sinne keine genau elliptischen und überhaupt keine festen oder unabänderlichen Bahnen beschreiben können, weil ein Planet den andern vermöge der wechselseitigen Anziehung mehr oder weniger aus seiner regelmäßigen Bahn entfernt, oder wie man es auszudrücken pflegt, in seiner regelmäßigen Bewegung stört. Die Störungen werden bei der astronomischen Berechnung als dritte und letzte Annäherung betrachtet.

Hinsichtlich der elliptischen Bewegung ist eben vorhin gesagt worden, daß man sie nicht direct bestimmt, sondern daß man an die Kreisbewegung, als eigentliche Grundlage, eine Verbesserung — den Unterschied zwischen dem Kreis und der Ellipse — anbringt; in ähnlicher Weise werden die Störungen als Verbesserung der elliptischen Bewegung in Rechnung gebracht. Es ist leicht begreiflich, daß die Störungen immer sehr klein bleiben müssen, wenn Ordnung im Planetensystem aufrecht erhalten werden soll; daß dieß in der Wirklichkeit der Fall ist, zeigt folgende Tabelle, wo der größtmögliche Betrag der Störungen (eigentlich die Summe der Störungs-Coefficienten) angegeben ist:

Namen.	Größte Aenderung der Entfernung in Meilen.	Größte Aenderung der Bewegung.
Merkur	205	0′. 22″
Venus	1005	0′. 50″
Erde	1344	0′. 44″
Mars	7590	2′. 16″
Jupiter	165893	12′. 50″
Saturn	790060	22′. 16″
Uranus	326369	3′. 50″

Man sieht, daß die Gesammtwirkung der Störungen, auch wo sie am größten sind, die Entfernung von der Sonne noch nicht um den 250sten Theil ändert.

34. Anziehung der Sonne durch die Planeten. Wenn wir mit den Bewegungen unsers Sonnensystems uns beschäftigen, so betrachten wir die Sonne (wie es denn auch im Vorhergehenden geschehen ist) als fixen Centralpunkt. In der Wirklichkeit ist aber die Sonne (§. 10.) keineswegs unbeweglich, vielmehr wird sie von den Planeten bald nach der einen, bald nach der andern Richtung hingezogen, nimmt also nach und nach verschiedene Stellen des Raumes ein. Würden wir die Bewegungen der Planeten auf den Weltraum beziehen, so müßten wir allerdings die Ortsveränderung der Sonne jedesmal in Rechnung nehmen, wir beziehen aber die Lage der Planeten nicht auf bestimmte Punkte des Raumes, sondern auf den Mittelpunkt der Sonne, oder was gleichbedeutend ist, wir stellen uns vor, daß die Ebene der Ecliptik fest mit der Sonne zusammenhängt, also allen ihren Bewegungen folgen muß, und in dieser Ebene verzeichnen wir den Lauf der Planeten. So weit diese Betrachtungsweise Anwendung findet, fällt natürlich die Berücksichtigung der

Digitized by Google

Sonnenbewegung gänzlich weg. Die wirkliche Bewegung der Sonne in Folge der Planetenanziehung kann übrigens nach den Verhältnissen, die wir §. 31 angedeutet haben, niemals beträchtlich sein. Selbst wenn alle Planeten auf einer Seite der Sonne in gerader Linie stünden, so würden sie, da ihre Massen zusammen nicht mehr als den 775sten Theil der Sonnenmasse ausmachen, nur eine geringe Wirkung hervorbringen. Nun muß man bedenken fürs Erste, daß die Planeten nicht auf einer Seite sich befinden, sondern immer um die Sonne vertheilt sind, mithin zum Theile einander entgegenwirken; fürs Zweite, daß jeder Planet, indem er die Sonne umkreist, einmal auf der einen Seite und einmal auf der andern sich befindet, und auf der einen Seite die Ortsveränderung aufhebt, die er auf der andern veranlaßt hatte.

Es ist gewöhnlich, der Sonnenbewegung, so weit sie von Planetenanziehung abhängt, keine weitere Bedeutung beizulegen: gleichwohl scheint mir, daß es Fälle geben könne, wo darauf Rücksicht genommen werden müßte. Gesetzt z. B., es sei die Sonne von einer weit ausgedehnten Atmosphäre umgeben, wie man sich solche vorgestellt hat, um das Zodiacallicht zu erklären, so ist offenbar, daß die Form dieser Atmosphäre in Folge der eben erwähnten Verhältnisse eine Aenderung erleiden muß von ähnlicher Art, wie die Wasser- und Luftmassen, welche den Erdkörper bedecken (§. §. 61. 62.). Gesetzt ferner, wir nehmen zwar eine Sonnenatmosphäre in diesem Sinne nicht an, lassen aber die Sonne von einer feinen elastischen Flüssigkeit umgeben sein, welche eine Beziehung zum Lichte, oder zur muthmaßlich vorhandenen, an den Kometen insbesondere sich offenbarenden Polarkraft (§. 82) habe, so ist es wieder möglich, daß die Sonnenbewegung wahrnehmbare Wirkungen hervorbringe. Es sind dieß freilich Hypothesen, denen eine nähere Begründung für jetzt fehlt, gleichwohl scheint es mir zweckmäßig und nützlich, da wo so vielerlei Erscheinungen zu erklären sind, auch *mögliche* Einflüsse und *mögliche* Verkettungen in Betracht zu ziehen.

35. *Planetenstörungen nur vorübergehend; Störungen von langer Periode.* Was wir oben von der Wirkung der Planetenanziehung auf die Sonne gesagt haben, läßt sich zum Theile auch auf die Aenderung, welche ein Planet im Laufe des andern hervorbringt, anwenden. Wo zwei Planeten zusammentreffen (in *Conjunction* kommen), da muß die Störung am stärksten sein. Da nun die Planeten bald in dem einen, bald in dem andern Punkte zusammentreffen, so kann es nicht fehlen, daß, wenn einmal der Lauf eines Planeten nach einer bestimmten Richtung verändert wird, mit der Zeit eine gleiche Aenderung in entgegengesetztem Sinne eintritt, und beide sich aufheben. Dieß ist auch der gewöhnlichste Erfolg: nach einer größern Anzahl von Umläufen heben sich alle Störungen auf, um wieder eine neue Periode zu beginnen. Ganz anders würde der Erfolg sich gestalten, wenn zwei Planeten immer an *demselben Orte* zusammenkämen: hier würden sich die Störungen *nicht* vollständig aufheben, und wäre der übrigbleibende Theil bei jeder einzelnen Periode auch sehr klein, so würde der Betrag im Laufe der Jahrtausende, sich stets anhäufend, groß genug werden, um eine völlige Umgestaltung des Systems herbeizuführen. Damit zwei Planeten immer an demselben Orte zusammentreffen, ist es nöthig, daß eine *volle Anzahl* von Umläufen des einen, einer *vollen Anzahl* Umläufen des andern gleich sei. Es ist nun leicht, sich zu überzeugen, daß ein solcher Fall in unserm Planetensystem nicht vorkommt, und in so ferne wäre die Dauer des Systems gesichert; unterdessen treffen wir mehrmals ein Verhältniß der Umlaufszeiten an, welches *nicht weit* von der obigen Bedingung abweicht. Das Beispiel von Jupiter und Saturn,

Digitized by Google

deren Bahnen sich so verhalten, daß sie nach je zwei Umläufen des Saturn nahe in derselben Linie wieder in Conjunction kommen, haben wir oben (§. 16) bereits erwähnt. Noch größer müssen die Störungen des Uranus und Neptun sein, da die Umlaufszeit des letzten sehr nahe doppelt so groß, wie die des erstern ist: die Periode, in welcher die Ausgleichung geschieht, wird nicht weniger als 9000 Jahre betragen. Diese Störungen nennt man gewöhnlich Störungen von langer Periode: ihre Berechnung bietet so viele Schwierigkeit und so viel Weitläufigkeit dar, daß jetzt noch bei den meisten Planeten eine Vervollständigung des Calculs zu erwarten ist. Nachdem man hätte glauben sollen, daß durch die Arbeiten von Laplace und die vielen Bemühungen anderer Mathematiker der Gegenstand wäre erschöpft worden, hat im Jahre 1836 Airy eine merkwürdige und bis dahin unbeachtet gebliebene Störung dieser Art in der Theorie der Venus erkannt, und in neuester Zeit hat Hansen in der Mondtheorie zwei Gleichungen von langer Periode entdeckt, die bei allen frühern Entwickelungen unbeachtet geblieben waren. Die Hauptstörungen, welche wir in diese Klasse rechnen können, treffen wir bei den äußern Planeten an. Vor der Entdeckung des Neptun wurde der größte Betrag der Störungen von langer Periode

bei Jupiter ungefähr zu 20 Minuten,
bei Saturn " " 48 "
und bei Uranus " " 2 "

festgesetzt: diese letztere Bestimmung wird jetzt eine bedeutende Aenderung erleiden.

36. Säcularänderungen; Stabilität des Planetensystems. Wir haben (§. 17) gesehen, daß jede Planetenbahn durch den Einfluß der übrigen Planeten allmälig ihre Lage ändert; und zwar so, daß die Durchschnittspunkte der Bahnebenen zurückweichen, während die Winkel, unter welchen sie sich schneiden, langsamen Schwankungen unterliegen, immer aber mit der Zeit auf den ursprünglichen Werth wieder zurückkommen. Zugleich dreht sich die Bahn um die Sonne, so daß der Ort der Sonnennähe den ganzen Umkreis im Verlaufe der Zeit zurücklegt. Aber nicht blos die Lage der Bahnen, sondern auch die Form ist einer langsamen Aenderung unterworfen, und gegenwärtig kommen die Bahnen der Venus, der Erde, des Saturn und Uranus der Kreisform näher, während Mercur, Mars und Jupiter sich davon entfernen. Alle diese Aenderungen werden unter dem Namen Secularänderungen begriffen.

Als man erkannt hatte, daß im Planetensysteme Aenderungen vorkommen, welche von Jahr zu Jahr in demselben Sinne fortschreiten, lag der Gedanke nahe, daß die gegenwärtige Ordnung der Dinge einer gänzlichen Umgestaltung entgegengehe. Käme die Erde durch eine allmälige Aenderung der mittlern Entfernung beträchtlich weiter von der Sonne weg, oder würde die Erde durch die allmälige Aenderung der Excentricität eine sehr gedehnte Bahn erhalten, so daß sie gleich einem Kometen einmal der Sonne sehr nahe, einmal davon weit entfernt wäre, so würde nicht nur der Untergang der jetzt vorhandenen Thier- und Pflanzengattungen, sondern auch ein Zusammenstoßen der Erde mit andern Planeten die wahrscheinliche Folge sein. Laplace hat sich zuerst mit einer umfassenden und höchst scharfsinnigen Untersuchung der Planetenverhältnisse, in so ferne sie hierauf Bezug haben, beschäftigt, und sowohl seine, als die analogen Arbeiten späterer Mathematiker haben erwiesen:

1) daß die mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne keine Säculargleichung habe; also wenn man die vorübergehenden Aenderungen abrechnet,

Digitized by Google

die Planeten der Sonne niemals näher kommen werden, als sie jetzt sind, und nie sich weiter davon entfernen können;

2) daß die Excentricitäten und Neigungen der Bahnen sich im Verlaufe der Zeit ändern, aber nicht immer in demselben Sinne: ihre Aenderungen bestehen in einer allmäligen Zu- und Abnahme, und zwar für jeden Planeten stets innerhalb bestimmter Gränzen.

Es ist demnach das Planetensystem — soweit dieß von der innern Ordnung abhängt — für ewige Dauer berechnet, und läßt sich gleich die Möglichkeit, daß der jetzige Bestand ein Ende einmal erreicht, nicht in Abrede stellen, so können wir wenigstens sagen, daß ein innerer Keim der Zerstörung nicht vorhanden ist. Das Planetensystem stellt einen höchst künstlichen Organismus dar, voll Leben und Thätigkeit in allen seinen Theilen; jeder individuelle Körper folgt dem Impulse der übrigen und übt seinerseits Einfluß auf die Bahnen der übrigen aus: dabei sind jedoch die Grundbedingungen so fest gesetzt, daß mitten in diesen mannigfaltigen Bewegungen sich die überwiegende Kraft der Sonne geltend macht, und überall eine bestimmte Ordnung aufrecht erhält. Alle Abweichungen sind innerhalb festgesetzter Schranken eingeschlossen und vergehen allmälig, wie sie allmälig kommen: sie gleichen den Meereswogen, welche die augenblickliche Form der Oberfläche anders gestalten, und dann verschwinden, ohne eine Spur ihres Daseins zurückzulassen. — Dieß gilt jedoch nur für die großen Planeten: ob auch in gleicher Weise die Dauer des Asteroidensystems gesichert sei, haben die Astronomen noch nicht zum Gegenstande genauerer Untersuchung gemacht. In Folge analytischer Schwierigkeiten ist man bisher nicht im Stande gewesen, die Störungen der kleinen Planeten vollständig und in der geschlossenen Form, wie es bei den großen der Fall ist, darzustellen. So weit die Sache unmittelbar beurtheilt werden kann, muß allerdings zugegeben werden, daß ein Zusammenstoßen zweier Asteroiden oder eine Vereinigung in Folge zu großer Annäherung nicht zu den unwahrscheinlichsten Ereignissen gehört: möglich wäre es jedoch, daß in der Stellung der Bahnen und in den Umlaufszeiten bestimmte Verhältnisse bestehen, wodurch einem nahen Zusammentreffen auf immer vorgebeugt würde. Diese Frage sowohl, als die weiter unten (§. 69) erwähnten Umstände machen es höchst wünschenswerth, daß die Asteroidentheorie eine erschöpfende Bearbeitung finden möchte.

2. Monde (Satelliten).

37. Monde, ihre Zahl und Bewegung. Von andern Weltkörpern umkreist zu werden, ist nicht etwa ein Vorrecht, das dem Centralkörper, — der Sonne — allein zukäme: auch unter den Planeten gibt es mehrere, die ihre unzertrennlichen Begleiter mit sich führen. Nach welchen Grundsätzen, oder mit welchen Absichten die Begleiter den Planeten zugetheilt worden sind, bleibt uns ein völliges Räthsel. Nicht gerade die größten Planeten, nicht die dichtesten, nicht gerade die nächsten oder die entferntesten haben ein Gefolge erhalten; auch die Schnelligkeit der Umdrehung, die man als damit enge zusammenhängend vermuthen sollte (§. 89), hat sicherlich nicht allein die bestehenden Verhältnisse herbeigeführt. Die Zahl der Satelliten oder Monde erstreckt sich, soweit unsere jetzige Kenntniß reicht, auf 21, wovon der Erde einer, dem Jupiter vier, dem Saturn acht, dem Uranus sechs und dem Neptun zwei zukommen. Für die Entfernungen da, wo mehrere Satelliten sind, hat Challis ähnliche Regeln wie jene des Titius (§. 32) aufzustellen gesucht: bestimmte Bedingungen hin-

Digitized by Google

sichtlich der ursprünglichen Zusammensetzung der Systeme können wir übrigens eben so wenig, wie bei den Hauptplaneten angeben.

Die Bewegungen der Satelliten sind demselben allgemeinen Gravitationsgesetze, wie die Planeten unterworfen: sie gehen in Ellipsen um ihre Planeten herum und stören sich wechselseitig, ohne eine permanente Aenderung ihrer Bahnen hervorzubringen. Auf das Satellitensystem eines Planeten haben die übrigen Planeten kaum einen wahrnehmbaren Einfluß; dagegen kann die Sonne — in derselben Weise wie im Planetensystem ein störender Planet, — nach Umständen beträchtliche Wirkung ausüben. Bei unserm Monde, insbesondere dessen Bewegung durch keine sonstige Einwirkung gestört wird, tritt der Einfluß der Sonne so stark hervor, daß wenigstens ein Theil davon — die sogenannte Evection und Variation — den Astronomen selbst zu jener Zeit, wo die Beobachtungsmittel höchst unvollkommen waren, nicht entgangen ist.

Die Satelliten des Jupiter und Saturn bieten uns mehrfache Beispiele jenes merkwürdigen Falles dar, welchen wir oben näher untersucht haben, daß nämlich die Umlaufszeiten einem rationellen Verhältnisse sich sehr nähern, zum Theil auch in vollkommenen rationellen Verhältnissen stehen. So z. B. hat der dritte Saturnssatellit sehr nahe die doppelte Umlaufszeit des ersten, der vierte die doppelte Umlaufszeit des zweiten. Bei den drei innersten Satelliten des Jupiter ist das Verhältniß der Umlaufszeiten sehr nahe, wie 1 : 2 : 4. Außerdem besteht bei diesen Satelliten noch das eigenthümliche Verhältniß, daß die Bewegung des ersten zu der doppelten Bewegung des zweiten hinzugefügt genau der Bewegung des dritten Satelliten gleich ist. Auch in der Stellung der drei Satelliten um den Saturn ist ein bestimmtes Verhältniß vorhanden. Man wird im Ganzen hieraus schließen, daß die Störungen im Jupiter- und Saturnssystem jedenfalls verhältnißmäßig einen weit größern Betrag als bei den Hauptplaneten erreichen werden. Zugleich ist indessen zu bemerken, daß bei der großen Entfernung dieser Systeme die Bewegungen, von der Erde aus gesehen, alle in sehr verkleinertem Maßstabe sich darstellen, und deßhalb der größte Theil der Störungen unserer Beobachtung gänzlich entgeht.

38. Die Abplattung der Planeten hat auf die Satellitenbewegung Einfluß. Ein Umstand kommt bei der Satellitenbewegung vor, der unsere besondere Aufmerksamkeit verdient. Die Planeten überhaupt sind keine vollkommenen Kugeln, sondern Sphäroide, kugelförmige Körper, die an den Polen abgeplattet, oder was gleichbedeutend ist, an dem Aequator aufgetrieben sind. Man kann sie sich vorstellen als bestehend aus einer Kugel und einer breiten Zone, oder einem Gürtel, der am Aequator herumgeht. (§. 17.) Was nun die Kugel betrifft, so zieht sie eben so an, als wenn die ganze Kraft in dem Mittelpunkte vereinigt wäre. Die Anziehung ist nach jeder Richtung gleich, und die Betrachtungsweise, die wir bisher durchgeführt haben, findet darauf unbedingte Anwendung: nicht so bei der Zone; denn diese äußert eine beständige Tendenz, den Satelliten in die Ebene des Aequators zu bringen. Wir haben hier, was die wirkende Kraft betrifft, ganz denselben Fall, wie §. 17 und der Erfolg wird ebenfalls derselbe sein. Geht der Satellit vom nördlichsten Theil seiner Bahn aus, so zieht ihn die Zone nach Süden, und theilt ihm, bis er in die Ebene des Aequators kommt, eine gewisse Geschwindigkeit mit: auf der Südseite hebt die Anziehung der Zone die zuvor ertheilte Geschwindigkeit wieder auf, und der einzige Erfolg, der übrig bleibt, ist, daß der Satellit früher, und in einem weiter rückwärts gelegenen Punkte die Ebene des Aequators durchschneidet. Bei unserm Monde ist die Wirkung sehr bedeutend, bei Jupiter hat ebenfalls die Beobachtung die Schlüsse der Theorie voll-

Digitized by Google

kommen bestätigt. In beiden Fällen ist man im Stande gewesen, aus der Aenderung der Durchschnittspunkte die Abplattung der Planeten abzuleiten. Es ist kaum nöthig, zu bemerken, daß bei Saturn die Ringe eine ähnliche Wirkung hervorbringen, wie eine Erhöhung des Aequators. Uebrigens ist bei Saturn und Uranus bisher die Beobachtung der Satelliten wegen ihrer außerordentlichen Kleinheit sehr unvollständig geblieben: nur für den sechsten Saturnssatelliten hat Bessel eine vollständige Bahnbestimmung geliefert.

39. Einfluß der Satelliten auf die Bewegung der Planeten. Es ist (§. 34) bemerkt worden, daß die Planeten den Ort der Sonne je nach Umständen etwas ändern können: ganz in derselben Weise haben die Satelliten einen Einfluß auf die Planeten, die sie umkreisen. Auch in so ferne hängt die Stelle des Hauptplaneten von den Satelliten ab, als nicht der Mittelpunkt des Planeten, sondern der Schwerpunkt des ganzen Systems in einer Ellipse um die Sonne herumgeht. Der Schwerpunkt der Erde und des Mondes befindet sich in a (Fig. 29) ungefähr 200 Meilen unter der Erdoberfläche und 660 Meilen vom Mittelpunkte entfernt. Da der Schwerpunkt in der Bahn bleibt, so wird der Mittelpunkt der Erde inwendig (d. h. der Sonne näher) sein, wenn wir Vollmond haben, und auswendig zur Zeit des Neulichtes, wie aus Fig. 29 zu ersehen ist.

3. Die Kometen.

40. Bahnen der Kometen, ihr Verhältniß zum Sonnensystem. Die Kometen, obwohl sie der Zahl nach den Hauptbestandtheil des Sonnensystems bilden, haben bisher immer eine untergeordnete Stellung eingenommen, theils weil sie wegen ihrer geringfügigen Masse keinen Einfluß auf die Bewegung, die im Sonnensystem vorgeht, ausüben, theils weil sie gewöhnlich nur auf ganz kurze Dauer sichtbar, meistens keine Gelegenheit zu genauerer Untersuchung darbieten. Von den Planeten unterscheiden sie sich fast in allen Beziehungen. Die Bahnen, die sie beschreiben, sind nicht nahe kreisförmig, wie die Planetenbahnen, sondern in den meisten Fällen außerordentlich gedehnte Ellipsen, wie bereits (§. 14) gezeigt worden ist: gewöhnlich können wir nur den Theil der Bahn, welcher der Sonne am nächsten liegt, verfolgen, und sind nicht im Stande zu sagen, wie weit sie hinausgehen, und wann sie wieder zurückkommen. Auch bewegen sie sich nicht wie die Planeten in einer bestimmten Ebene, und nicht nach einerlei Richtung: alle Richtungen finden sich vor. Man rechnet deßhalb alle Neigungen zur Ecliptik von 0° bis 90° und unterscheidet rechtläufige (direkte) Kometen, die wie die Planeten von Westen nach Osten gehen, und rückläufige (retrograde), die nach entgegengesetzter Richtung sich bewegen. Als rechtläufige betrachten wir jedoch nicht etwa die Kometen, die gerade von Westen nach Osten gehen, sondern nehmen alle dazu, die in nordwestlicher oder südwestlicher Richtung sich bewegen. Die Rechtläufigkeit begreift demnach alle westlichen Richtungen vom Nordpunkte bis zum Südpunkte: die Rückläufigkeit erstreckt sich in gleicher Weise auf die östlichen Richtungen. Wenn wir die merkwürdige Thatsache, daß die sämmtlichen Planeten nahe in einer Ebene liegen, und nach einer Richtung sich bewegen, als auf einen gemeinschaftlichen Ursprung hindeutend betrachten, so müssen wir den Kometen jedenfalls einen andern Ursprung, andere Bedingungen des Daseins zuerkennen.

Die vorherrschende Meinung der Astronomen früherer Zeit mit Aristoteles, der großen Schulautorität des Mittelalters, an der Spitze, wies den Kometen einen atmosphärischen Ursprung an, und ließ sie durch Ausdünstungen

Digitized by Google

der Erde entstehen, die sich in der obersten — dritten — Luftregion entzünden. Hiernach waren sie mit den Meteoren in dieselbe Kategorie gestellt. Im 16ten und 17ten Jahrhunderte erkannten Viele durch Beobachtung — wir wollen vorzugsweise den Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen, dann Tycho und Kepler nennen, — daß die Kometen noch viel weiter als der Mond von der Erde entfernt seien: jedoch wurden sie noch für entzündete Planetenausdünstungen und somit in ihrem Entstehen, wie in ihrem Laufe für zufällig gehalten. Kepler ließ sie in gerader Linie durch den Weltraum sich bewegen, und noch im Jahre 1664 wurde der Lauf des damals erschienenen Kometen von Dom. Cassini für geradlinig erklärt. Dörfel bahnte zu der richtigen Kenntniß der Kometen den Weg, indem er zeigte, daß sie, so weit wir sie verfolgen können, in Parabeln von verschiedener Größe, aber einerlei Brennpunkt sich bewegen: den Brennpunkt nimmt die Sonne ein. Diese Bahnform brachte Newton mit der allgemeinen Gravitation in Zusammenhang und Halley, des Letztern Zeitgenosse, vollendete die Kenntniß der wahren Kometenbewegung, indem er wenigstens von einem Kometen nachwies, daß er dem Sonnensystem eigenthümlich angehöre, und in einer Ellipse um die Sonne herumgehend, in regelmäßigen Perioden uns sichtbar werde.

Es lag hiernach die Vermuthung nahe, daß sämmtliche Kometen einen Theil des Sonnensystems bilden, und sehr gedehnte Ellipsen beschreiben, wovon das Ende, welches uns sichtbar ist, von einer Parabel sich nicht wahrnehmbar unterscheidet. Gleichwohl haben einige Astronomen Bedenken getragen, den Kometen in unserm Sonnensystem ein unzweifelhaftes Bürgerrecht zuzugestehen. Man wollte sie für Körper erklären, die nur zufällig in die Nähe der Sonne hereingerathen, und dann wieder gänzlich aus dem Bereiche der Sonnenanziehung sich entfernen. In diesem Falle hätte man nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit zu erwarten, daß Bahnen von allen in §. 11 erwähnten Formen zu Stande kommen müßten, von der wenig gekrümmten Hyperbel bis zu den Spiralen, die mehr oder weniger direkt die Kometen in die Sonne führen würden. *)

Mit diesem wahrscheinlichen Schlusse steht die Erfahrung in starkem Widerspruche; denn unter den berechneten 178 Kometenbahnen kommt nicht eine einzige hyperbolische vor: auch weist die ganze Geschichte der Astronomen kein Beispiel auf, daß ein Komet in die Sonne gefallen wäre. In der Wirklichkeit treffen wir nur die einzige parabolische oder gedehnt elliptische Bahnform an.

Ich nehme demnach keinen Anstand, der Ansicht jener Astronomen beizutreten, welche die Kometen als integrirenden Theil unsers Sonnensystems betrachten, und eben so viel Ordnung in ihrer Vertheilung und in ihren Verhältnissen, wie bei den Planeten, voraussetzen: ich finde mich zu dieser Ansicht um so mehr hingezogen, als sonst alle Phänomene darauf hindeuten, daß im Weltgebäude überhaupt, wie in den einzelnen Theilen Stabilität, und alle Bedingungen gesicherter Dauer vorhanden sind, was nicht sein würde, wenn es irgend eine Klasse von Körpern gäbe, die im Weltraume herumirrten und keinem Systeme dauernd angehörten.

41. Das Kometensystem, Vertheilung der Kometen im Raume. Wenn ich oben gesagt habe, daß im Kometensystem Ordnung und Regelmäßigkeit sicherlich vorhanden sei, so folgt noch nicht daraus, daß bei der geringen Zahl und der Unvollständigkeit der Materialien, die vorliegen, auch diese Ordnung und Regelmäßigkeit nachgewiesen werden könne. Gleichwohl schien es mir von Interesse, einige Zusammenstellungen zu versuchen, wovon ich hier zwei folgen lasse:

*) Die Berechnungen von Laplace, nach welchen für die gedehnt elliptischen oder parabolischen Bahnen eine überwiegende Wahrscheinlichkeit sich ergibt, sind auf besondere Voraussetzungen begründet.

Digitized by Google

I. Zusammenstellung der Kometenbahnen nach dem Orte der Sonnennähe.

(Die Zahlen sind die der Olbers'schen Tafel. D bedeutet direct, R retrograd.)

Ort der Sonnennähe.

0° bis 20°	20° bis 40	40° bis 60°	60° bis 80°	80° bis 100°	100° bis 120°	120° bis 140°	140° bis 160°	160° bis 180°	180° bis 200°	200° bis 220°	220° bis 240°	240° bis 260°	260° bis 280°	280° bis 300°	300° bis 320°	320° bis 340°	340° bis 360°
14 R	38 D	23 R	41 R	3 R	20 R	10 R	5 D	34 D	67 D	33 R	18 R	25 R	8 R	7 R	2 D	11 D	6 R
16 R	100 D	24 D	49 D	47 R	26 D	12 D	78 R	175 R	108 R	53 R	48 D	35 R	9 R	13 D	4 D	28 R	22 R
32 D	104 R	43 D	56 D	63 R	30 D	29 R	80 D		113 R	64 R	79 D	66 R	21 R	19 R	36 D	45 D	81 D
37 D	111 R	51 D	57 D	65 D	39 D	40 R	96 D		114 R	69 R	90 D	88 R	31 R	95 R	86 D	60 D	164 D
77 R	147 R	59 R	85 D	76 D	75 D	44 R	97 D		126 R	82 R	106 R	89 R	46 D	130 D	142 R	61 D	
91 R	159 D	73 D	107 D	87 D	83 D	54 R	116 D		128 D	135 R	133 R	120 R	50 R	148 R	146 R	115 D	
98 R		92 D	119 R	93 R	84 D	55 D	127 D		134 R	150 D	152 R	149 R	52 R	162 D	151 R	158 D	
112 R		101 R	122 R	99 R	94 D	58 R	178 R		156 D	155 R	153 D		62 D	166 D		160 R	
139 D		109 R	125 R	117 R	102 D	71 D			165 R		174 D		68 R				
141 D		121 D	132 D	124 D	110 D	74 R			168 D				70 D				
		123 D		157 R	129 R	105 R							72 D				
		145 D		167 D	143 D								103 R				
		163 D		170 D	171 D								118 D				
				172 D									131 D				
				173 R									136 R				
				176 D									137 R				
													138 R				
													140 R				
													154 D				
													161 R				
													169 R				
													177 D				

Digitized by Google

II. Zusammenstellung der Kometenbahnen nach der Neigung gegen die Ecliptik.

(Die Zahlen bedeuten die Nummern des Olbers'schen Katalogs, siehe am Ende die Zusammenstellungen Tab. VI. u. VII.)

Neigung					
Direct			Retrograd		
0° — 30°	30° — 60°	60° — 90°	90° — 60°	60° — 30°	30° — 0°
2	5	11	6	3	7
4	13	30	8	16	9
12	24	34	10	20	18
32	26	38	14	22	19
36	37	43	21	25	23
45	39	46	28	35	33
51	49	48	29	50	40
55	56	57	31	54	52
61	62	60	41	58	74
65	67	70	44	59	91
71	80	72	47	63	99
79	87	73	53	66	114
81	92	75	64	77	125
83	97	76	68	82	155
84	102	85	69	88	175
96	107	86	78	93	
131	110	90	95	98	
132	115	94	103	101	
145	116	100	106	104	
150	123	118	108	105	
153	127	121	113	109	
154	139	124	122	111	
163	143	128	126	112	
164	156	130	133	117	
	159	141	137	119	
	162	158	146	120	
	166	172	147	129	
	167		160	134	
	168		178	135	
	170			136	
	171			138	
	174			140	
	176			142	
	177			148	
				149	
				151	
				152	
				157	
				161	
				165	
				169	
				173	

Digitized by Google

Der bloße Anblick der Tabellen gewährt sogleich die Ueberzeugung, daß die Lage der Kometenbahnen nicht zufällig ist. Von den Punkten des Frühlings- und Herbstäquinoctiums (0° und 180°) anfangend werden die Sonnennähen nach beiden Seiten mit einer unerwarteten Regelmäßigkeit häufiger, und die meisten treffen genau auf die Sommer- und Wintersonnenwende, und zwar die meisten directen auf den erstern, die meisten retrograden auf den letztern Punkt. Aehnlich verhält es sich mit den Neigungen: im Mittel werden die Bahnen gegen 45° am häufigsten und nehmen von da nach beiden Seiten ab. Die verschiedenen Verhältnisse gehen am deutlichsten aus folgender Uebersicht hervor:

Ort der Sonnennähe	Zahl der Kometen					
	überhaupt		direct		retrograd	
0° — 20°	10		4		6	
20 — 40	6	29	3	16	3	13
40 — 60	13		9		4	
60 — 80	10		6		4	
80 — 100	16	39	8	25	8	14
100 — 120	13		11		2	
120 — 140	11		3		8	
140 — 160	8	21	6	10	2	11
160 — 180	2		1		1	
180 — 200	10		4		6	
200 — 220	8	27	1	10	7	17
220 — 240	9		5		4	
240 — 260	7		—		7	
260 — 280	22	37	8	12	14	25
280 — 300	8		4		4	
300 — 320	7		4		3	
320 — 340	8	19	6	12	2	7
340 — 360	4		2		2	

Neigung	Zahl der Kometen	
	direct	retrograd
0° — 30°	24	15
30 — 60	34	42
60 — 90	27	29

Welche Reihe man auch immer in dieser Zusammenstellung betrachten mag, so zeigt sich überall ein hinreichend regelmäßiges Fortschreiten und wir gelangen zu folgendem merkwürdigem Satze:

Wie die Planeten alle einer Ebene, der Ecliptik, angehören, so gibt es für die Kometen zwei solche Ebenen, A B C, D E F (Fig. 27), die einen Winkel von 45° nach beiden Seiten mit der Ecliptik machen, also aufeinander senkrecht stehen: in ersterer Ebene bewegen sich die direkten Kometen und gehen nach der Seite P bis auf unbekannte Entfernungen hinaus, in der zweiten Ebene befinden sich die retrograden Kometen, die nach der Seite Q sich von der Sonne entfernen.

Digitized by Google

Die vorhergehenden Thatsachen lassen nach meiner Ansicht — (wenn gleich die Jahreszeit und der Umstand, daß fast alle Kometenbeobachtungen nur in der nördlichen Hemisphäre gemacht worden sind, einigen Einfluß haben mag) — keinen Zweifel übrig, daß bestimmte Verhältnisse in den Kometenbahnen vorhanden sind. Näheres darüber nachzuweisen ist unmöglich, so lange wir nicht von den zum Theile sehr großen Aenderungen, welche in den Kometenbahnen durch die Anziehung der Planeten hervorgebracht werden, die erforderliche Kenntniß haben und nicht angeben können, in wie ferne die gegenwärtige Lage einer Bahn mit der ursprünglichen Lage übereinstimmt. Offenbar müssen bei einer künftigen genauern Durchführung der obigen Untersuchung diejenigen Kometen, die einer bedeutenden Secularänderung unterliegen, ausgeschlossen werden.

42. Berechnete Kometenbahnen, Richtung der Bewegung, Entfernung, Umlaufszeit. Die Zahl der in neuerer Zeit beobachteten Kometen, dann derjenigen aus älterer Zeit, worüber hinreichend genaue Nachrichten sich vorfinden, um eine Bahnbestimmung möglich zu machen, beläuft sich bis Mitte des Jahres 1847 auf 178. Die Sichtbarkeit eines Kometen ist übrigens an sehr beschränkende Bedingungen gebunden: denn nur in mäßiger Entfernung von der Erde und der Sonne und nur in dem Theile des Himmels, der uns bei Nachtzeit sichtbar ist, kann man einen Kometen wahrnehmen; und hiernach läßt sich mit Bestimmtheit behaupten, daß auch bei stets sorgfältiger Beobachtung des Himmels wir dennoch nur von einem Theile der vorhandenen Kometen Kenntniß erhalten haben könnten. Ein großer Theil der Kometen, wnn nicht die meisten, werden unbemerkt vorübergehen.

Von den eben erwähnten 178 Kometen gehört nahe die Hälfte dem gegenwärtigen Jahrhundert an: und wenn die künftigen Jahre so fruchtbar sich erweisen, wie die letzt verflossenen, so wird das Verzeichniß der Kometen bald eine früher kaum geahnte Ausdehnung erlangen. Will man die Kometen nach der Beschaffenheit ihrer Bahnen klassificiren, so findet man, daß 82 rechtläufig sind, d. h. wie die Planeten von Westen nach Osten gehen; 91 bewegen sich in entgegengesetzter Richtung oder von Osten nach Westen und sind rückläufig; bei 5 Kometen bleibt die Richtung (also die Bahn überhaupt) unentschieden.

Was die kleinste Entfernung von der Sonne betrifft, so gibt folgende Zusammenstellung davon einen Begriff:

kleinste Entfernung	Zahl der Kometen
unter $\frac{1}{100}$ Sonnenweite.	2
von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{10}$	8
von $\frac{1}{10}$ bis 1	120
von 1 bis 2	35
von 2 bis 4	5

Die kleinste Distanz hatte der große Komet, der im Februar und März 1843 erschien; er ging in einer Entfernung von 0,006 bei der Sonne vorüber. Der entfernteste Komet, dessen Bahn berechnet ist, nähert sich der Sonne bis auf vier Sonnenweiten, und geht ungefähr in der Mitte zwischen den kleinen Planeten und der Jupitersbahn durch. Von den Kometen, die ohne Zweifel jenseits der Bahn des Jupiters liegen, haben wir keine Kenntniß; jedoch ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, daß die fortschreitende Vervollkommnung der Fernröhre das Feld astronomischer Untersuchung überhaupt ausdehnen, und auch die Beobachtung entfernterer Kometen möglich machen wird.

Die Umlaufszeiten der Kometen sind eben so verschieden, wie die Entfernungen, und erstrecken sich von $3\frac{1}{2}$ Jahr bis auf Perioden, die wohl zu groß sind, um in der menschlichen Zeitrechnung noch aufgezeichnet zu werden. Bei

Digitized by Google

den meisten gibt die Rechnung nicht einmal eine Grundlage, zu vermuthen, bis wann sie etwa zurückkehren könnten. Um ganz bestimmt zu sagen, daß ein Komet in einer elliptischen Bahn regelmäßig seinen Lauf um die Sonne vollbringe, ist es nöthig, daß man seine Wiederkehr zu wiederholten Malen beobachtet habe. Solche Kometen sind uns nur 3 bekannt: der Encke'sche, der alle $3^1/_2$ Jahre zurückkommt; der Biela'sche, der $6^3/_4$ Jahre braucht, und der Halley'sche, der in 76 Jahren seinen Umlauf vollendet, und von welchem schon wenigstens 10 Erscheinungen (unter Zuziehung der chinesischen Nachrichten) nachgewiesen werden können. Unter den übrigen Kometen, bei denen mit Wahrscheinlichkeit eine Rückkehr vorausgesagt werden kann, sind nur zwei von kürzerer Periode, nämlich der Faye'sche, der in $7^2/_5$ Jahren um die Sonne geht und im Jahre 1857 wieder erscheinen wird; und der Komet von De Vico, der $5^1/_2$ Jahr braucht, und im Jahre 1850 erwartet werden muß. Die Bahn des erstern ist merkwürdig, weil sie unter allen Kometenbahnen bisher am meisten der Kreisform sich nähert; auch die Abweichung des letztern von der Kreisbahn ist geringer, als gewöhnlich.

43. Verzeichniß der bisherigen Kometenerscheinungen. Da bisher meines Wissens keine übersichtliche Zusammenstellung der sämmtlichen in älterer und neuerer Zeit beobachteten Kometenerscheinungen hergestellt worden ist, so hielt ich es für nützlich, eine solche — hauptsächlich nach Pingré — anzufertigen, und hier folgen zu lassen. Man kann sich darnach von der Mannigfaltigkeit und der Größe unsers Sonnensystems einen Begriff machen; auch manche Ueberschlagszahlen lassen sich darauf begründen. Niemand hegt mehr als ich Mißtrauen gegen die Kometennachrichten der ältesten Zeit: dessen ungeachtet halte ich dafür, daß auch die erste Hälfte des Verzeichnisses nicht gar zu weit von der Wahrheit abweiche. Aus den wohl ziemlich vollständigen Beobachtungen der letzten Jahrhunderte, finde ich, daß im Durchschnitte in je fünf Jahren ein mit freiem Auge sichtbarer Komet erscheint; hiernach hätten auf den Zeitraum, den das Verzeichniß umfaßt, ungefähr 500 solcher Kometenerscheinungen treffen sollen: in der That weist das Verzeichniß im Ganzen 604, und wenn man die 104 teleskopischen Kometen abrechnet, 490 mit freiem Auge beobachtete Kometenerscheinungen nach. Letztere Zahl nähert sich der durch Rechnung gefundenen weit mehr, als man nur immer zu erwarten berechtiget gewesen wäre.

Wo ich über die Größe der älteren Kometen und die Länge des Schweifes Angaben fand, habe ich sie beigefügt, so wenig sie auch als eigentliche Maßbestimmungen anzusehen sind. Die chinesischen Beobachter geben die Länge nach Fußen an; in den japanesischen Annalen findet man gar von einem Kometen angeführt, daß sein Schweif die Länge einer Straße gehabt habe. Von letzterer und ähnlichen Angaben ist wohl gar kein Nutzen zu ziehen: in wie ferne der chinesische Fuß für ein bestimmtes Winkelmaß, oder wie in folgendem Verzeichnisse nach Pingré geschehen ist, für einen Grad genommen werden dürfe, wage ich nicht zu entscheiden. Von der Gesammtzahl der hier aufgeführten Kometen findet man in dem Verzeichnisse von Olbers (nach Encke's Ausgabe) 29, für welche elliptische, 149, für welche parabolische Bahnen berechnet worden sind: die erstern habe ich am Ende in Tab. VI, die letztern in Tab. VII zusammengestellt.

Die teleskopischen Kometen sind im Verzeichnisse mit Sternchen (*) bezeichnet.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahre vor Christi	Kometen-Erscheinungen.
1	—	612	Komet im Monat Juni, im großen Bären — China.
2	—	533	Komet im December, im Wassermann und Steinbock — China.
3	—	524	Komet im Scorpion — China.
4	—	481	Komet in Osten — China.
5	—	479	Großer Komet zur Zeit der Schlacht von Salamis — Griechenland.
6	—	465	Komet zur Zeit, als der Meteorstein bei Aegospotamos fiel, — Griechenland.
7	—	432	Komet — China.
8	—	426	Komet im Winter am Nordpol — Griechenland.
9	1	371	Komet des Aristoteles, Schweif von 60° — Griechenland.
10	—	360	Komet in Osten — China, Japan.
11	—	345	Komet — Rom.
12	—	344	Komet in Nordwest — Griechenland.
13	—	340	Komet — Griechenland.
14	—	304	Komet — China.
15	—	302	Komet — China.
16	—	295	Komet — China.
17	—	239	Komet im Sommer — China.
18	—	237	Komet im Mai in Westen, später in Osten — China.
19	—	233	Komet im Februar in Osten — China.
20	—	203	Großer Komet bei Arcturus — Italien und China.
21	—	171	Großer Komet gegen Ende des Sommers — China.
22	—	156	Komet am Ende October, Schweif 10° — China.
23	—	155	Komet — China.
24	—	148	Komet im October — China.
25	—	146	Großer Komet — China und Griechenland.
26	—	138	Komet im Herbste in Nordwest — China.
27	1a	137	Komet im März — China.
28	—	137	Komet — China.
29	—	136	Großer Komet — Europa.
30	—	134	Großer Komet im Sommer in Norden — China.
31	—	120	Komet im Frühling in Osten — China.
32	—	118	Komet — Europa.
33	—	110	Komet in den Zwillingen — China.
34	—	110	Komet im großen Bären — China.
35	—	108	Komet in den Zwillingen — China.
36	—	102—101	Komet — China.
37	—	86	Komet in Osten — Italien und China.
38	—	84	Komet im Frühling nordwestlich — China.
39	—	75	Komet — Italien.
40	1b	69	Komet im Juli — China.
41	—	62	Komet — Europa.
42	—	48	Komet in Norden — Europa und China.
43	—	43	Komet im Mai — China.
44	—	43	Komet im Herbst — Europa.
45	—	42—41	Komet — Italien.
46	—	31	Komet — Italien und China.
47	—	29	Komet — Italien.
48	1c	12	Komet im August in den Zwillingen — Italien und China.
49	—	4—3	Komet im Frühling — China.
50	—	10	Komet — Italien.

9. Mitten im strengsten Winter erblickte man ihn nach dem Berichte des Aristoteles in der Gegend des Aequinoctialpunktes. An den ersten Abenden ging er so bald nach der Sonne unter, daß man seinen Kopf nicht mehr wahrnehmen konnte; nur ein großer Theil des Schweifes blieb noch lange sichtbar. Er verschwand im Gürtel des Orion. Die Aehnlichkeit mit dem großen Kometen von 1843 ist auffallend. (Vergl. Nro. 575.)

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahre nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
51	—	14	Komet — Italien, China.
52	—	19	Komet — China.
53	—	22	Komet im Decbr. — China.
54	—	39	Komet im April — China.
55	—	54	Komet im Herbst — Italien und China.
56	—	56	Komet im Frühling — China.
57	—	60	Komet mit Schweif von 2° Länge, im Herbst — Italien, China.
58	—	62	Komet — Italien.
59	—	64	Komet — Italien und China.
60	—	65	Komet im Juli und August — China.
61	—	66	Komet im März — China.
62	—	69	Komet — Europa.
63	—	75	Komet im Juli — China.
64	—	76	Komet mit Schweif von 3° im Septbr. und Oktbr. — Italien und China.
65	—	77—78	Komet im Winter mit Schweif von 8°—9°, während 106 Tagen — China.
66	—	79	Komet — Italien.
67	—	110	Komet mit Schweif von 6°—7° im Januar — China.
68	—	117	Komet im Januar — China.
69	—	132	Komet — China und Italien.
70	—	141	Komet im April, Schweif 6°—7° — China.
71	—	148—49	Komet im Oktbr. mit Schweif von 5° — China.
72	—	161	Komet im Febr. — China.
73	—	161	Komet im Juni mit Schweif von 5° — China.
74	—	178	Komet im Herbst — China.
75	—	180	Komet im August im großen Bären — China.
76	—	180	Komet im Novbr. beim Sirius — China.
77	—	182	Komet — China.
78	—	188	Komet im Frühling — China.
79	—	190	Komet — Europa.
80	—	192	Komet mit Schweif von 10° im Herbst — China.
81	—	193	Komet im Novbr. — China.
82	—	200	Komet im Novbr. — China.
83	—	204	Komet im Novbr. — Rom und China.
84	—	206—7	Komet im Febr. — China.
85	—	213	Komet im Januar — China.
86	—	218	Komet im April — Italien und China.
87	—	225	Komet im December — China.
88.	—	232	Komet im December — China.
89	—	236	Komet mit Schweif von 3° im December — China.
90	—	238	Komet mit Schweif von 3° in der Schlange — China.
91	—	238	Komet im Pegasus im Novbr. — China.
92	1d	240	Komet mit Schweif von 30° im Novbr. — China.
93	—	245	Komet im Septbr. — China.
94	—	247	Komet erschienen im Januar — China.
95	—	248	Komet im April — China.
96	—	248	Komet mit Schweif von 2° im August — China.
97	—	251—52	Komet während 90 Tagen — China.
98	—	252	Komet mit Schweif von 50°—60° Länge, während 20 Tagen im Frühling — China.
99	—	253	Komet mit Schweif von 50° in der Jungfrau im Decbr. — China.
100	—	255	Komet im Januar — China.
101	—	257	Komet am Ende des Jahres — China.
102	—	262	Komet mit Schweif von 50°, erschien im Decbr. — China.
103	—	265	Komet im Juni — China.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
104	—	268	Komet im Febr. — China.
105	—	268	Komet im Herbst — China.
106	—	269	Komet im Herbst.
107	—	275	Komet im Januar.
108	—	276	Komet — China.
109	—	277	Komet — China.
110	—	278	Komet — China.
111	—	279	Komet — China.
112	—	281	Komet — China.
113	—	283	Komet mit Schweif von 10° — China.
114	—	287	Großer Komet — China.
115	—	290	Komet — China.
116	—	295	Komet — China.
117	—	300—1	Komet — China.
118	—	301	Komet — China.
119	—	302	Komet — China.
120	—	303	Komet — China.
121	—	305	Komet am Nordpol — China.
122	—	329	Komet im Herbst — China.
123	—	336	Komet im Febr. — Europa und China.
124	—	340	Komet im Febr. — China.
125	—	343	Komet mit Schweif von 7° in der Jungfrau.
126	—	350	Komet mit Schweif von 10° im Januar — China.
127	—	358	Komet im Juli — China.
128	—	363	Großer Komet im August — Europa und China.
129	—	373	Komet — China.
130	—	374	Komet im Januar — China.
131	—	389	Großer Komet — Europa.
132	—	390	Komet im August — Europa.
133	—	392	Komet — China.
134	—	395	Komet im August — China.
135	—	400	Komet mit Schweif von 30° im Frühling — Europa und China.
136	—	401	Komet im Januar — China.
137	—	402	Komet — Europa.
138	—	415—16	Komet — China.
139	—	418	Komet — Europa und China.
140	—	419	Komet im Febr. — China.
141	—	420—21	Komet — China.
142	—	422	Großer Komet — Europa und China.
143	—	422	Komet — China.
144	—	423	Komet — Europa und China.
145	—	432	Komet — China.
146	—	436	Komet im Sommer — China.
147	—	442	Komet im November — Europa.
148	—	449	Komet — China.

104—121. Die Chinesischen Annalen erwähnen eine Menge Kometen, die schnell nach einander in diesen Jahren erschienen sein sollen: ohne Zweifel findet sich derselbe Komet öfter aufgeführt.

128. Nach Ammianus Marcellinus soll dieser Komet am Tage sichtbar gewesen sein.

132. Es ist dieß vielleicht der vorhergehende Komet, der nach seiner Rückkehr von der Sonnennähe noch einmal gesehen wurde.

135. Ein ungeheurer Komet, dessen Schweif vom Horizont bis zum Zenit reichte, in Konstantinopel gesehen. — Chinesische Beobachtungen bestimmen die Schweiflänge zu 30°, und lassen die scheinbare Bahn von der Cassiopeja durch den großen Bären, Hercules und die Jungfrau gehen.

139. Dieser Komet wurde zuerst während einer totalen Sonnenfinsterniß am 19. Juli in Konstantinopel wahrgenommen; die Chinesen fanden ihn erst im September.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
149	(19)	451	Komet im Sommer — Europa und China.
150	—	467	Komet — Europa.
151	—	499	Komet — Europa.
152	—	501	Komet im Febr. — China.
153	—	507	Komet im Herbst — China.
154	—	519	Komet — Europa.
155	—	520	Komet im Oktober — China.
156	—	524	Komet während 26 Tagen — Europa.
157	—	530—31	Großer Komet während 20 Tagen — Europa.
158	—	534	Komet — China.
159	2	539	Großer Komet im November erschienen — Europa und China.
160	—	556	Komet im November — Europa.
161	—	560	Komet im Oktober mit Schweif von 4° — China.
162	—	563	Komet — Europa.
163	3	565	Komet mit Schweif von 10° — China.
164	—	566	Komet im November — Europa.
165	—	568	Komet im Sommer — China.
166	4	568	Komet mit Schweif von 40° im Herbst — China
167	5	574	Komet im Sommer — China.
168	—	575	Komet im Frühling bei Arcturus — China.
169	—	581	Komet im Januar — China.
170	—	582	Großer Komet — Europa.
171	—	584	Komet — Europa.
172	—	588	Komet — China.
173	—	595	Komet — Europa und China.
174	—	602	Komet — Europa.
175	—	605	Komet — Europa.
176	—	607	Komet im Frühjahr — China.
177	—	607	Komet im Herbst — China.
178	—	608	Komet — China.
179	—	615	Komet mit Schweif von 50°—60° — China.
180	—	617	Komet mit Schweif von 3°—4° — China.
181	—	617	Komet — China.
182	—	626	Komet im Frühling — Europa und China.
183	—	632	Komet — Europa.
184	—	634	Komet im Herbst — China.
185	—	641	Komet im Herbst — China.
186	—	663	Komet im Herbst — China.
187	—	667	Komet im Sommer — China.
188	—	668	Komet — China.
189	—	673	Komet — Europa.
190	—	676	Komet mit Schweif von 5° — China.
191	—	676	Glänzender Komet mit Schweif von 30° — China und Europa.
192	—	681	Komet im Oktbr. und Novbr. mit Schweif von 50° — China.
193	—	683	Komet im April — China.
194	—	684	Komet — China.

149. Nach Langier war dieß der Halley'sche Komet.

157. Dieser Komet wurde von Pingré und Andern für identisch mit dem von 1680 und 1106 gehalten, wornach seine Umlaufszeit 575 Jahre betragen würde. Encke hat indessen nachgewiesen, daß der Komet von 1680 über 3000 Jahre zu seinem Umlaufe braucht: überdieß stimmen die Elemente desselben nicht mit den Angaben der Geschichtschreiber, bezüglich auf den Kometen von 530 überein.

159. Burckhardt hat aus den chinesischen Beobachtungen eine Bahn abzuleiten gesucht: die Berechnung bleibt indessen unvollständig, weil die Chinesen keine Breite angeben.

163. Die vermuthete Identität dieses Kometen mit denen von 1683 und 1739 hat sich nach Burckhardts Rechnung nicht bestätigt.

170. Glänzender Komet von Gregor v. Tours erwähnt. Der Schweif erschien am Abendhimmel, wie der Rauch einer großen von weitem gesehenen Feuersbrunst.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
195	—	684	Komet — Europa und China.
196	—	707	Komet im Novbr. und Decbr. — China.
197	—	708	2 Kometen.
198	—	711	Komet während 11 Tagen — Europa.
199	—	712	Komet im August — China.
200	—	729	Komet — Europa.
201	—	730	Komet im Herbst — China.
202	—	738	Komet im Frühling — China.
203	—	744	Komet — Europa.
204	—	760	Komet im Mai — China.
205	(19)	760	Komet im August — Europa und China.
206	—	762	Komet — Europa.
207	—	767	Komet — China.
208	—	770	Komet im Mai — China.
209	6	770	Komet im Juni — China.
210	—	813	Komet — Europa.
211	—	815	Komet — China.
212	—	817	Großer Komet — Europa.
213	—	821	2 Kometen — China.
214	—	828	Komet im Herbst — China.
215	7	837	Komet mit Schweif von 50° — China und Europa.
216	—	837	Komet im Herbst — China.
217	—	838	2 Kometen — China.
218	—	839	Komet — Europa.
219	—	839	Komet — China.
220	—	840	2 Kometen — China.
221	—	841—42	Komet im Decbr., Febr. — Europa und China.
222	—	852	Komet im Frühling — China.
223	—	855	Komet — Europa.
224	—	857	Komet im Herbst — China.
225	—	858	Komet im Frühling — Europa.
226	—	864	Komet im Sommer — Europa und China.
227	—	866	Komet — Europa.
228	—	868	Komet im Januar — Europa und China.
229	—	869	Komet im Herbst — Europa und China.
230	—	873	Komet während 25 Tagen — Europa.
231	—	875	Komet — Europa.
232	—	877	Komet — Europa.
233	—	885	Komet — China.
234	—	886	Komet — China.
235	—	891	Komet mit Schweif.
236	—	892	Komet — Europa.
237	—	892	3 Kometen — China.
238	—	893	Komet im Frühling.
239	—	894	Komet im Febr. — China.
240	—	904	Großer Komet — Europa.
241	—	905	Komet — Europa und China.
242	—	912	Komet — Europa und China.

205. Nach Laugier's Untersuchungen war dieß der Halley'sche Komet, der am 11. Juni durch die Sonnennähe gegangen.

215. Die Bahn ist von Pingré berechnet. Am 6. Apr. war die Länge des Schweifes 10°, am 10. Apr. 50° (und zwar in 2 Arme gespalten), am 11. Apr. 60° (und wieder einfach). Dieser Komet wurde auch in Europa gesehen; die Angaben sind übrigens für die Bahnberechnung nicht brauchbar.

223. Ein Komet in Frankreich gesehen 20 Tage lang, vielleicht der Halley'sche.

235. Pingré hielt diesen Kometen für identisch mit denen von 1532 und 1661; darnach hätte er wieder im Jahre 1790 erscheinen sollen, was indessen nicht geschah.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
243	—	912—13	Komet — Europa.
244	—	923	Komet im Herbst — China.
245	—	928	Komet im December — China.
246	—	930	Komet, vielleicht der Halley'sche — Europa.
247	—	936	Komet im Septbr. — China.
248	—	939	Komet — Europa.
249	—	941	Komet im September China.
250	—	943	Komet im November — China.
251	—	956	Komet im Frühling — China.
252	—	959	Komet — Europa.
253	8	961	Komet.
254	—	975	Komet mit Schweif von 40° — China und Europa.
255	—	981	Komet — Europa.
256	9	989	Komet — Europa und China.
257	—	990	Komet — Europa und China.
258	—	995	Komet — Europa.
259	—	998	Komet im Febr. — China.
260	—	1000	Komet — Europa.
261	—	1003	Komet im November — Europa und China.
262	—	1005	Komet — Europa und China.
263	—	1006	Komet — Europa.
264	—	1015	Komet — Europa.
265	—	1017	Komet — Europa.
266	—	1018	Komet — Europa und China.
267	—	1019	Komet — Europa und China.
268	—	1024	Komet — Europa.
269	—	1033	Komet mit Schweif von 2° — China und Europa.
270	—	1034	Komet — Europa und China.
271	—	1035	2 Kometen — China.
272	—	1041	Komet — Europa.
273	—	1042	Komet im Herbst.
274	—	1046	Komet — Europa.
275	—	1049	Komet im Frühling.
276	—	1056	Komet im Herbst mit Schweif von 10° — China.
277	—	1058	Komet — Europa.
278	—	1060	Komet — Europa.
279	10	1066	Berühmter Komet mit Schweif von 20° — Europa und China.
280	—	1075	Komet mit Schweif von 7° China.
281	—	1080	Komet im Sommer — China.
282	—	1096	Komet — Europa.
283	11	1097	Komet im October mit Schweif von 30°—50° — Europa u. China.

253. Hind hat die Bahn dieses Kometen aus den chinesischen Beobachtungen berechnet.

254. In Italien und Konstantinopel vom Aug. bis Oct. sichtbar. Man sah ihn nur in den Morgenstunden, und sein Schweif war 40° lang. Er wird für identisch gehalten mit den Kometen von 1264 und 1556, und seine Wiederkehr um die Mitte dieses Jahrhunderts erwartet.

256. Von Burckhardt aus den Chinesischen Beobachtungen berechnet.

263. Von Pingré nach Haly-ben-Rodoan's Angabe berechnet.

279. Nach Chinesischen Berichten erschien dieser Komet am 2. Apr. im Pegasus Morgens im Osten mit einem Schweife von 7° Länge. Nachdem er in den Sonnenstrahlen verschwunden war, kam er am 24. Apr. Abends im Nordwest wieder zum Vorschein, ohne Nebelhülle: später zeigte sich die Nebelhülle wieder. Er durchlief einen großen Theil des Himmels, und erregte in hohem Grade die öffentliche Aufmerksamkeit, weßhalb man ihn auch in vielen Europäischen Chroniken seiner Zeit erwähnt findet. Pingré hat seine Bahn berechnet.

283. Dieser große Komet war nur kurze Zeit sichtbar, und zwar in Europa vom 30. Septb. bis 14. Octbr., in China bis zum 25. Octbr. Ob er zu denjenigen gehörte, die

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
284	—	1098	Komet — Europa.
285	—	1101	Komet im Januar — China.
286	—	1106	Großer Komet im Februar — China und Europa.
287	—	1109	Komet im Dezember — Europa.
288	—	1110	Komet mit Schweif von 6° — Europa und China.
289	—	1114	Komet im Frühling — Europa.
290	—	1125	Komet — Europa.
291	—	1126	Großer Komet — Europa und China.
292	—	1126	Großer Komet im Dezember.
293	—	1132	Komet im Januar.
294	—	1132	Komet im October — Europa und China.
295	—	1138	Komet im Herbste — China.
296	—	1412—43	Komet im Dezember und Januar — China.
297	—	1145	Komet im April mit Schweif von 10° — Europa und China.
298	—	1147	Komet im Febr. mit Schweif von 10° — Europa und China.
299	—	1155	Komet (vielleicht der Halley'sche) — Europa.
300	—	1156	Komet mit Schweif von 10° — China.
301	—	1162	Komet mit Schweif von mehr als 10° — China.
302	—	1165	2 Kometen — Europa.
303	—	1181	Komet — Europa und China.
304	—	1198	Komet — Europa.
305	—	1204	Komet — Europa.
306	—	1208	Komet — Europa.
307	—	1211	Komet — Europa.
308	—	1214—15	Komet — Europa.
309	—	1217	Großer Komet — Europa.
310	—	1222	Großer Komet — Europa und China.
311	•	1223	Komet im Juli — Europa.
312	—	1230	Komet (vielleicht der Halley'sche) — Europa.
313	12	1231	Komet im Febr. und März — China.
314	—	1232	Komet im Oct. mit Schweif von 40° — China.
315	—	1240	Komet im Januar — Europa und China.
316	—	1250	Komet im Dezember — Europa.
317	—	1254	Komet — Europa.
318	13	1264	Komet im Juli — Europa und China.
319	—	1266	Komet im Herbst — Europa und China.
320	—	1269	Großer Komet — Europa.
321	—	1273	Komet im Dezember — China.
322	—	1274	Komet — Europa.

zwei Schweife gezeigt haben, läßt sich nicht mit Bestimmtheit ermitteln, da die Zeugnisse der verschiedenen Schriftsteller deßfalls nicht übereinstimmen. Pingré hat seine Bahn berechnet.

286. Großer Komet, irriger Weise für identisch mit denen von 531 und 1680 gehalten, und von Whiston zur Begründung seiner abenteuerlichen cosmogenischen Speculationen benützt. Er soll an hellen Tagen sichtbar gewesen sein. Mehrfacher Grund ist vorhanden, eine Aehnlichkeit dieses Kometen mit dem von 1843 anzunehmen.

310. Von Chinesischen Astronomen sind zahlreiche Angaben über die Oerter, die dieser große Komet nach und nach am Himmel eingenommen hat, vorhanden; er blieb sichtbar vom 10. Sept. bis 8. Oct.

313. Großer Komet, von Pingré nach den Chinesischen Angaben berechnet.

318. Pingré hat eine Bahn berechnet, die jedoch wegen der Widersprüche der Beobachtungen selbst sehr unsicher ist; deßhalb läßt sich über die vermuthete Identität mit den Kometen von 975 und 1556 nichts entscheiden. Nach den gleichzeitigen abendländischen Schriftstellern zeichnete sich dieser Komet aus durch einen langen und breiten Schweif, der wahrgenommen werden konnte, während der Kopf unter dem Horizont war. Der anfänglich sehr starke Glanz verlor sich bald: die Sichtbarkeit dauerte im Ganzen 4 Monate.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
323	—	1277	Komet im Frühlinge mit Schweif von 4° — China.
324	—	1285	Komet — Europa.
325	—	1293—94	Komet im Februar — China.
326	—	1298	Komet — Europa.
327	14	1299	Komet im Januar — China und Europa.
328	15	1301	Komet im Dezember — Europa.
329	—	1301	Komet im Dezember — Europa.
330	—	1304	Komet im Januar und Februar — Europa und China.
331	—	1305	Komet (wahrscheinlich der Halley'sche) — Europa.
332	—	1313	Komet im Frühling mit Schweif von 20° — China.
333	—	1314	Komet im October — Europa.
334	—	1315—16	Komet im Dezember und Februar — Europa und China.
335	—	1334	Komet mit Schweif von $7\frac{1}{2}$° — China.
336	16	1337	Berühmter Komet im Frühling — Europa und China.
337	—	1337	Komet — Europa.
338	—	1338	Komet im April — Europa.
339	—	1340	Komet im Februar — Europa und China.
340	—	1345	Komet — Europa.
341	—	1347	Komet — Europa.
342	17	1351	Komet im Dezember — Europa und China.
343	—	1356	Komet im Herbste — Europa und China.
344	—	1360	Komet im März — Europa und China.
345	—	1362	Komet im März — Europa und China.
346	18	1362	Komet im Sommer — China.
347	—	1363	Komet im Frühling — China.
348	18a	1366	Komet im Herbst — China.
349	—	1368	Komet im März — China und Europa.
350	—	1371	Komet im Januar — Europa.
351	19	1378	Komet im September — China.
352	—	1380	Komet im November — Japan und Europa.
353	—	1382	Komet im März — Europa und China.
354	—	1382	Komet im August — China.
355	20	1385	Komet im October — China.
356	—	1391	Komet im Mai — Europa.
357	—	1399	Komet im November — Europa.
358	—	1402	Großer Komet im Februar — Europa.
359	—	1402	Komet im Frühling (zweifelhaft) — Europa.

327. Ungeachtet der Widersprüche in den Beobachtungen hat Pingré die Bahn zu bestimmen gesucht.

328. Der Komet von 1301 erschien Anfangs September mit kaum sichtbarem Schweife. Der Schweif erlangte nach und nach eine Länge von 10°, zuletzt mit östlicher Richtung, während er ursprünglich nach Norden zeigte; am Ende October verschwand er. Laugier hat seine Bahn berechnet und die frühern Widersprüche aufgeklärt.

336. In Europa wurde dieser Komet am 24. Octbr., in China am 26. Juli zuerst bemerkt; wir besitzen Ortsbestimmungen sowohl von Europäischen, als von Chinesischen Beobachtern: beide werden durch die neueste, von Laugier berechnete Bahn genügend dargestellt.

342. Zur Bahnbestimmung hat man nur 4 Chinesische Beobachtungen ohne Breiten, nämlich vom 24., 26., 29. und 30. Novbr. Die Bahn ist von Burckhardt berechnet.

346. Ebenfalls von Burckhardt aus Chinesischen Beobachtungen (ohne Breiten) berechnet.

348. Aus Chinesischen Beobachtungen berechnet von Pierce.

351. Der Halley'sche Komet, nach Laugiers Untersuchungen.

355. Nach Chinesischen Beobachtungen berechnet von Hind.

358. Er erschien Anfangs schwach, nahm aber schnell an Größe zu und zeigte sich bald in außerordentlichem Glanze. Der sehr lange und helle Schweif war nicht direkt von der Sonne abgewendet, sondern seitwärts gerichtet. Er war am hellen Mittage neben der Sonne wahrzunehmen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die sämmtlichen Kometen-

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi.	Kometen-Erscheinungen.
360	—	1406	Komet — Europa.
361	—	1408	Komet — Europa.
362	—	1429	Komet im Herbste — China und Japan.
363	—	1431	Komet im Mai — China.
364	—	1432	Komet im Februar — Europa.
365	21	1433	Komet im Herbst — Europa und China..
366	—	1436	Komet im Herbst — Europa.
367	—	1439	Komet — Europa und Japan.
368	—	1444	Komet im Sommer — Europa.
369	—	1450	Komet im Januar — China.
370	—	1452	Komet im Frühling — China.
371	—	1454	Komet — Europa.
372	(19)	1456	Komet mit Schweif von 60° — Europa.
373	—	1457	Komet — Europa.
374	—	1458—59	Komet im Sommer — China.
375	—	1460	Komet im Herbst — Europa.
376	—	1463—64	Komet — China.
377	—	1465	Komet im März — Japan und China.
378	—	1468	Komet im Februar — China.
379	22	1468	Komet im Sept. — Nov. — Europa und China.
380	—	1471	Komet im Herbst — Europa.
381	23	1472	Komet im Januar — Japan und Europa.
382	—	1476—77	Komet im Dezember und Januar — Europa.
383	24	1490	Komet im Januar und Februar 1491 — China und Europa.
384	24a	1491	Komet im Januar — China.
385	—	1500	Komet im April und Mai — China und Europa.
386	—	1503	Komet — Europa.
387	—	1505	Komet — Europa.
388	25	1506	Komet im Herbst — Europa und China.
389	—	1512	Komet im Frühling — Europa.
390	—	1513—14	Komet im Dezember und Febr. — Europa.
391	—	1516	Komet im Januar — Europa.
392	—	1518	Komet im April — Europa.

nachrichten dieses Jahres, auch die Japanesischen mitgerechnet, denselben Kometen betrafen: ob eine Identität mit den Kometen von 1532 und 1661 anzunehmen sei, läßt sich nicht durch genügende Gründe entscheiden.

365. Nach den Chinesischen Beobachtungen von Hind und Laugier berechnet.

371. Von diesem Kometen findet man in einem Byzantinischen Schriftsteller angegeben, er habe den Mond verfinstert: es hat sich indessen die Sache dahin aufgeklärt, daß er während einer Mondfinsterniß zuerst wahrgenommen worden ist.

372. Der Halley'sche Komet, welcher dießmal unter vortheilhaften Umständen und mit großem Glanze erschienen ist. Sein Lauf wurde in ganz Europa sehr sorgfältig verfolgt und aufgezeichnet.

379. Die von Laugier berechnete Bahn stellt die Europäischen und Chinesischen Beobachtungen genügend dar.

381. Im Januar 1472 sehr glänzend, aber bereits einen Monat vorher sichtbar geworden. Regiomontan hat in Nürnberg seinen Lauf verfolgt und seinen Ort, in Beziehung auf die Fixsterne, bestimmt. Er fand für den Durchmesser des Kopfes 11 Minuten, und für den Durchmesser der Nebelhülle 34 Minuten. Halley hat aus Regiomontan's Beobachtungen die Bahn berechnet: in neuester Zeit ist eine vollständigere Berechnung nach den Europäischen und Chinesischen Beobachtungen von Laugier unternommen worden. Der Komet kam am 21. Januar der Erde sehr nahe und durchlief an einem Tage 40 Grade am Himmel. Brandes hat die absolute Länge seines Schweifes zu bestimmen gesucht: er findet für den 20. Januar eine Länge von $4\frac{1}{2}$ Mill. Meilen, und für den 2. Februar eine Länge von $5\frac{1}{2}$ Mill. Meilen.

388. Die Bahn dieses Kometen hat Laugier nach den Chinesischen Beobachtungen berechnet. —

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
393	—	1521	Komet im April — Europa.
394	—	1522	Komet — Europa.
395	—	1530	Komet — Europa.
396	(19)	1531	Komet — Europa und China.
397	26	1532	Komet — China.
398	27	1533	Komet — Europa.
399	—	1538	Komet mit Schweif von 30°, beobachtet von Apian und Gemma — Europa.
400	—	1539	Komet im Mai — Europa und China.
401	—	1545	Komet (unsicher) — Europa.
402	(13)	1556	Komet so groß wie Jupiter, Schweif 4°, beobachtet im März.
403	—	1557	Komet von Camerarius erwähnt — Europa.
404	28	1558	Komet, beobachtet, Juli bis Sept.
405	—	1560	Komet von de Thou erwähnt.
406	—	1569	Komet gesehen, aber nicht genau beobachtet.
407	29	1577	Großer Komet, beobachtet vom 13. November — 26. Januar.
408	30	1580	Komet entdeckt von Möstlin, beob. 2. Octbr. — 12. Decbr.

396. Halley'sche Komet. Apian in Ingolstadt hat ihn vom 13. bis 23. August beobachtet und Höhe und Azimuth angegeben. Die Sichtbarkeit dauerte bis Ende September, und der Schweif, direct von der Sonne abgewendet, hatte 10 Tage vor dem Perihel eine Länge von $3^1/_2$ Mill. Meilen.

397. Von Fracastor, Apian und Vogelius (in Wien) beobachtet, war so glänzend, daß er am hellen Tage in Mailand gesehen wurde. Eine Bahnberechnung wurde von Halley unternommen; vollständigere Bestimmungen hat Olbers geliefert.

398. Von Apian, Gemma, Frisius und Fracastor beobachtet: die einzigen brauchbaren Angaben sind von Apian; seine Beobachtungen umfassen jedoch nur die kurze Zeit vom 18. bis 25. Juli und die Bahnbestimmung ist sehr unsicher. Am 21. Juli stand er hoch im Norden in der Gegend des Perseus und konnte seiner Lage nach das Schwert vorstellen, welches Perseus in der rechten Hand hält.

402. Fabricius und Gemma beobachteten diesen Kometen, der übrigens durch Größe sich nicht auszeichnete: wir besitzen nur einen Theil der aufgezeichneten Beobachtungen. Die Sichtbarkeit dauerte vom Ende Februar bis Ende April. Ist die oben bereits erwähnte Vermuthung, daß er mit dem Kometen von 1264 identisch sei, gegründet, so würde seine Umlaufszeit ungefähr 292 Jahre sein, und seine Rückkehr hätte um den Anfang des Jahres 1848 stattfinden sollen. —

404. Dieser nicht besonders glänzende Komet wurde am 14. Juli gesehen und bis zum 19. September verfolgt. Unter den Astronomen, welche über seinen Lauf Angaben aufgezeichnet haben, verdient insbesondere der Landgraf Wilhelm IV. von Hessen erwähnt zu werden. Olbers hat die Bahn berechnet.

407. Dieser Komet war so groß, daß er schon vor Untergang der Sonne gesehen werden konnte. Tycho hat ihn mit einer bis dahin unbekannten Genauigkeit beobachtet. Den Durchmesser des Kopfes giebt Tycho zu 7′ und die Länge des Schweifes anfänglich zu 22° an: er nahm aber schnell ab. Der Schweif war gekrümmt und nicht genau der Sonnenrichtung entgegengesetzt; auch ist ein Nebenschweif (am 28. Novbr.) beobachtet worden. Brandes hat umständliche Rechnungen über die Lage und Größe des Schweifes geliefert, woraus folgende Angaben entnommen sind:

19. November	Schweiflänge	$5^1/_4$	Mill. Meilen
23. „	„	5	„ „
10. Dezember	„	9	„ „
30. „	„	$9^1/_2$	„ „
5. Januar	„	$6^1/_2$	„ „
12. „	„	2	„ „

Vom 12. Januar an nahm der Komet allmälig ab bis zum Verschwinden.

408. Von Möstlin in Tübingen entdeckt am 2. Oktober, außerdem von Hagecius (in Prag) und von Tycho mit großer Sorgfalt und Genauigkeit beobachtet. Aus Tycho's Angaben hat Brandes für den 26. Oktober eine Schweiflänge von $1^1/_4$ Mill. Meilen berechnet.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
409	—	1582	Komet von Santucci in Rom beobachtet, — unsicher.
410	31	1582	Komet, beobachtet von Tycho 12. — 18. Mai.
411	32	1585	Schwacher Komet, beobachtet vom 18. Octbr. — 22. Novbr.
412	33	1590	Ziemlich heller Komet, beobachtet vom 5. — 17. März.
413	34	1595	Komet, beobachtet vom 4. August — 3. September.
414	35	1596	Komet, beobachtet im Juli und August.
415	(19)	1607	Halley'scher Komet.
416	36	1618	Komet, beobachtet vom 25. August — 25. Sept.
417	—	1618	Komet, beobachtet vom 10. — 27. Novbr.
418	37	1618	Komet, beobachtet vom 30. Novbr. — 21. Jan. 1619.
419	—	1625	Komet im Januar und Februar in Tübingen, beobachtet von Schikard.
420	—	1628	Komet, ganz unsicher.
421	—	1630	Komet, ganz unsicher.
422	—	1639	Komet, im Octbr. in Genua gesehen.
423	—	1647	Ziemlich großer Komet, am Ende September.

410. Von Tycho mit großem Fleiße, aber unter wenig günstigen Umständen beobachtet. Am 12. Mai war die Länge des Schweifes $4^3/_4$ Mill. Meilen, am 17. Mai $1^3/_4$ Mill. Meilen.

411. Landgraf Wilhelm von Hessen entdeckte diesen Kometen am 18. Oktober: an demselben Tage wurde der Komet auch von Rothmann wahrgenommen; am 28. Oktb. bemerkte ihn Tycho. Nur am 30. Oktober und 1. November zeigte sich eine schwache Spur eines Schweifes: im Ganzen war der Komet klein und unscheinbar. Man hatte, wegen einer Aehnlichkeit der Elemente, vermuthet, daß dieser Komet mit dem periodischen Kometen von De Vico (Nro. 578) identisch sein könne. Le Verrier hat indessen die Unhaltbarkeit dieser Hypothese nachgewiesen.

412. Tycho entdeckte diesen Kometen; er war mittlerer Größe, der Schweif war direct der Sonne entgegengesetzt und dehnte sich bis zu einer Länge von 7° aus.

413. Tycho bemerkte diesen Kometen nicht, aber sein Schüler Johannes Ripensis beobachtete ihn zu Zerbst; de la Caille hat die Bahn berechnet und hält sie für ziemlich sicher. Am Tage der Entdeckung war der Schweif 4° lang, verschwand aber gegen die Mitte des Monats fast gänzlich.

414. Es sind Angaben von Santucci, Rothmann und Tycho vorhanden. Die Beobachtungen des letztern haben für diese Zeit einen sehr hohen Grad von Genauigkeit. Man hat Grund zu vermuthen, daß dieser Komet mit dem dritten Kometen von 1845 (Nro. 583) identisch sei.

415. Dieß ist der Halley'sche Komet. Kepler, Longomontanus und Harriot beobachteten ihn; aus ihren Angaben hat Halley die Bahn berechnet. Wie 1456 und 1532 war auch dießmal sein Schweif nur unbedeutend; Brandes findet die Länge am 18. Oktober zu 400,000 Meilen.

416. Aus den Beobachtungen Keplers hat Pingré die Bahn bestimmt. Der Komet gehörte zu den kleinern.

417. Dieser Komet ist von Kepler und andern Astronomen gesehen, aber nicht so beobachtet worden, daß eine Bahnbestimmung möglich wäre: in Europa sah man nur den Schweif, der Kopf blieb unter dem südlichen Horizont. In den Südländern soll der Komet einen prachtvollen Anblick dargeboten haben: die Länge des Schweifes wird zu 60° angegeben.

418. Dieser ausgezeichnet große und schöne Komet ist von allen damaligen Astronomen, Kepler, Longomontan, Gassendi, Schikard, Harriot, Rhodius, Cysatus und Snellius beobachtet worden. Bessel und Brandes haben aus den Beobachtungen und Zeichnungen von Cysatus nachgewiesen, daß der Schweif in der Ebene der Bahn zurückgekrümmt war, als wenn er bei dem Vorwärtsgehen des Kometen Widerstand fände, daß ferner die Zurückkrümmung sowohl, als die wirkliche Länge des Schweifes an verschiedenen Tagen, verschieden war. Die größte Länge des Schweifes betrug nach Brandes $9^3/_4$ Mill. Meilen (am 9. Decbr.).

423. Diesen Kometen sah man in Preußen und Holland, aber nur während ein paar Tagen, so daß eine Bahnbestimmung unmöglich ist. Die Länge des Schweifes wird zu 12° angegeben.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
424	38	1652	Komet, entdeckt von Hevel, beobachtet vom 20. Dezember — 8. Januar.
425	39	1661	Komet, entdeckt von Hevel, beobachtet vom 3. Februar — 28. März.
426	40	1664	Komet, beobachtet vom Ende November — 20. März 1665.
427	41	1665	Komet, beobachtet vom 6. — 20. April.
428	42	1668	Großer Komet, beobachtet vom 3. — 23. März.
429	43	1672	Komet, entdeckt von Hevel, beob. vom 6. März — 21. April.
430	44	1677	Komet, entdeckt von Flamsteed, beob. vom 29. April — 8. Mai.
431	45	1678	Komet, entdeckt von Lahire, beob. vom 11. Sept. — 7. Okth.
432	46	1680	Komet, entdeckt von Kirch, beobachtet vom 14. November — 19. März 1681.
433	(19)	1682	Halley'scher Komet, beob. vom 25. August — 19. Septbr.

424. Als dieser Komet entdeckt wurde (18. Decbr.), entfernte er sich schon von der Sonne und nahm an Größe ziemlich schnell ab. Für den 18. Decbr. findet Brandes die Länge des Schweifes zu 2 Mill. Meilen.

425. Der Größe nach ist dieser Komet zu den mittlern zu zählen. Besondere Beachtung fand er in späterer Zeit, weil ihn Pingré und Struyk für wahrscheinlich identisch mit dem Kometen von 1532 und 1402 erklärten und seine Wiedererscheinung auf 1789—90 festsetzten. Er erschien aber nicht, was übrigens keinen Beweis gegen die angenommene Identität liefert, weil die Bahn eine solche Lage hat, daß er leicht unbemerkt vorübergehen konnte.

426. Die Beobachtungen dieses zuerst wahrscheinlich in Spanien entdeckten Kometen sind ziemlich genau, weil man Fernröhre damals schon an den Meßinstrumenten angebracht hatte. Der Komet anfangs unscheinbar nahm nach und nach so bedeutend zu, daß er gegen Ende Decbr. großen Glanz entwickelte. Für den 18. Decbr. findet Brandes folgende Dimensionen:

Durchmesser des Kometen 23000 Meilen
Breite des Schweifes . . 182000 „
Länge des Schweifes . . 14 Mill. „

Am 26. Decbr. betrug die Schweiflänge 26 Mill. Meilen, bis zum 2. Febr. aber nur mehr $1^1/_2$ Mill. Meilen.

427. Dieser zu Aix entdeckte Komet konnte in einer sehr günstigen Stellung gegen die Erde beobachtet werden. Nach Hevel's Messungen waren die Dimensionen am 8. April, wie folgt: Kern 630 Meilen Durchmesser, Nebelhülle 24000 Meilen, Schweiflänge $2^3/_4$ Mill. Meilen. Die größte beobachtete Länge des Schweifes betrug 6 Mill. Meilen.

428. In nördlichen Ländern war blos der lange Schweif dieses Kometen sichtbar, in südlichen Gegenden konnte auch der Kopf (der übrigens nur geringe Helligkeit zeigte) beobachtet werden: indessen besitzen wir nur wenige und ungenaue Ortsbestimmungen. Der Erscheinung nach hatte dieser Komet große Aehnlichkeit mit dem großen Kometen von 1843.

431. Le Verrier hat nachgewiesen, daß dieser Komet identisch ist mit dem von De Vico im Jahre 1844 entdeckten periodischen Kometen (Nro 578).

432. Sowohl durch seine Größe, als auch durch den Umstand, daß er der Sonne sich außerordentlich genähert hat, ist dieser Komet zu einem der berühmtesten geworden. Wir besitzen eine vortreffliche Bahnbestimmung von Encke, wonach der Komet am 17. Decbr. nur 128000 Meilen vom Mittelpunkte, also nur 32000 von der Oberfläche der Sonne entfernt war, wo die Sonnenwärme 32400mal intensiver ist, als an der Erdoberfläche. Aus dieser unsere Begriffe so sehr übersteigenden Hitze ging übrigens der Komet ohne wahrnehmbare Aenderung wieder hervor. Encke gibt seine Umlaufszeit zu 8814 Jahre an, wobei begreiflicher Weise die Unsicherheit ziemlich groß ist. Seine größte Entfernung von der Sonne würde nach Encke's Bahn 28mal größer, als die des Neptun sein: in dieser Entfernung wäre seine Bewegung nur 10 Fuß in der Secunde, während er in der Sonnennähe 53 Meilen in der Secunde zurücklegt. — Sein Schweif hatte eine scheinbare Länge von 80° und eine wahre Länge von wenigstens 10 Mill. Meilen.

433. Bei dieser Erscheinung zeigte der Halley'sche Komet bedeutenden Glanz: die Beobachter haben sich übrigens fast durchaus nur mit Ortsbestimmungen befaßt.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
434	47	1683	Komet, entdeckt von Flamsteed, beob. vom 23. Juli — 5. Sept.
435	48	1684	Komet, entdeckt von Bianchini, beobachtet vom 1. — 17. Juli.
436	49	1686	Heller Komet im August in Ostindien, im September in Europa gesehen.
437	50	1689	Großer Komet, nur in den südlichen Ländern gesehen im Decbr.
438	51	1695	Großer Komet, beobachtet vom 30. Oktbr. — 12. Decbr.
439	52	1698	Komet, entdeckt von Cassini, beobachtet vom 2. — 28. Sept.
440	53	1699	Komet in Pekin und Paris beob. vom 17. Februar — 2. März.
441	—	1699	Komet, entdeckt von Kirch am 26. Oktober, aber nicht mehr gesehen.
442	54	1701	Komet, entdeckt von Pallu, beobachtet im Oktbr. und Novbr.
443	—	1702	Großer Komet, beobachtet Ende Februar.
444	55	1702	Komet, entdeckt von Bianchini, beob. vom 20. April — 5. Mai.
445	56	1706	Komet, entdeckt von Cassini, beob. vom 18. März — 16. April.
446	57	1707	Komet, entdeckt von Manfredi, beob. vom 25. Novb. — 23. Jan.
447	58	1718	Komet, entdeckt von Kirch.
448	59	1723	Komet, in Ostindien am 12. Oktbr. gesehen, beobachtet in Europa vom 20. Oktbr. — 18. Decbr.
*449	60	1729	Komet, entdeckt von Sarabat, beob. vom 31. Juli 1729 — 18. Jan. 1730.
450	—	1733	Ziemlich großer Komet, gesehen am 17. und 18. Mai in der südlichen Hemisphäre, aber nicht weiter beobachtet.
451	61	1737	Komet, entdeckt von Bradley, beob. vom 26. Febr. — 2. April.
452	62	1737	Komet, in Pekin beobachtet vom 3. — 10. Juli.
453	63	1739	Komet, entdeckt von Zanotti, beob. vom 28. Mai — 18. Aug.
454	64	1742	Komet, entdeckt von Grant, beob. vom 5. Febr. — 15. April.
455	—	1742	Großer Komet von holländischen Seefahrern gesehen am 11. April, aber nicht beobachtet.
456	65	1743	Kleiner Komet, beobachtet vom 10. — 21. Februar.
457	66	1743	Komet, entdeckt von Klinkenberg, beobachtet vom 18. Aug. — 13. Septb.
458	67	1744	Großer Komet, beobachtet vom Decbr. 1743 — Febr. 1744.

436. Die Länge des Schweifes betrug 18°; der Kern glich einem Sterne erster Größe.
437. Der Schweif hat eine Länge von 60° erreicht. Eine Identität mit dem großen Kometen von 1843 ist nicht wahrscheinlich.
438. Nur in südlichen Ländern gesehen. Die Schweiflänge betrug über 40°. Die vorhandenen Ortsbestimmungen sind sehr unzuverlässig.
443. Dieser Komet ist nur in südlichen Ländern gesehen worden. Die Länge des Schweifes betrug über 40°.
446. Die Bahn steht fast senkrecht auf der Ecliptik und gehört zugleich zu denjenigen, welche der Erdbahn ziemlich nahe kommen.
449. Teleskopischer Komet. Obwohl nicht mit freiem Auge sichtbar, ist er doch in der Wirklichkeit der größte unter allen uns bekannten Kometen, und kann noch gut beobachtet werden in Entfernungen, wo alle übrigen Kometen verschwinden. Als er von Sarabat entdeckt wurde, betrug seine Entfernung von der Erde 65 Mill. Meilen, und erst nachdem er beinahe um 90 Mill. Meilen von der Sonne sich entfernt hatte, gab Cassini die weitere Beobachtung wegen zu großer Lichtschwäche auf. Seine kleinste Entfernung von der Sonne ist 84 Mill. Meilen.
454. Ein großer Komet, am Cap der guten Hoffnung zuerst, dann auch in Europa und China gesehen.
456. Ein unscheinbarer Komet (Durchmesser 18′); sein Lauf ist sehr unvollständig aufgezeichnet worden: Clausen hält ihn für identisch mit dem dritten Kometen von 1819, und gibt seine Umlaufszeit zu etwa $6^3/_4$ Jahren an.
458. Dieser große und helle Komet wurde zuerst von Klinkenberg in Harlem am 9. December 1743 wahrgenommen: er soll sogar bei Tage sichtbar gewesen sein. Er ist besonders merkwürdig geworden durch die Untersuchung von Bessel (§. 80), welcher aus den Beobachtungen von Heinsius nachgewiesen hat, daß die am Halley-

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
459	—	1746	Kleiner Komet, von Kindermans im Febr. gesehen — unsicher.
460	68	1747	Komet, entdeckt von Cheseaux, beob. vom 13. Aug. — 5. Decbr. 1746.
461	69	1748	Komet, entdeckt von Maraldi, beob. vom 4. Mai — 30. Juni.
462	70	1748	Komet, entdeckt von Klinkenberg, beob. vom 19. — 22 Mai.
463	—	1750	Komet, entdeckt von Wargentin, beob. vom 21. — 25. Jan.
464	71	1757	Komet, entdeckt von Bradley, beob. vom 13. Sept. — 18. Okt.
465	72	1758	Komet, entdeckt von La Nux, beob. vom 15. Aug. — 2. Novbr.
466	(19)	1759	Halley'scher Komet, beob. vom 25. Decbr. 1758—3. Juni 1759.
467	73	1759	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 25. Januar — 18. März 1760.
468	74	1759	Komet, entdeckt in Paris, beob. vom 8. Jan. — 8. Feb. 1760.
469	75	1762	Komet, entdeckt von Klinkenberg, beob. vom 17. Mai—2. Juli.
470	76	1763	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 28. Septbr.—25. Novbr.
471	77	1764	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 3. Jan. — 11. Febr.
472	78	1766	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 8. — 15. März.
473	79	1766	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 8 Apr. — 13. Mai.
474	80	1769	Großer Komet, beob. vom 8. Aug. — 1. Decbr.
*475	—	1770	Komet, von Hell und Sainovics in Wardoehuus gesehen.
*476	81	1770	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 14. Juni—2. Octbr.
*477	82	1771	Komet, entdeckt von La Grange, beob. vom 10. — 20. Jan.
*478	83	1771	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 1. Apr. — 17. Juli.
*479	84	1772	Komet, entdeckt von Montaigne, beob. vom 8. März—1. Apr.
*480	85	1773	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 12. Octbr. — 14. April 1774.
*481	86	1774	Komet, entdeckt von Montaigne, beob. vom 11. Aug. bis 25. October.
*482	87	1779	Komet, entdeckt von Bode, beob. vom 6. Jan. — 17. Mai.
*483	88	1780	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 27. Octbr.—29. Novbr.

schen Kometen wahrgenommene Lichtausströmung auch bei diesem Kometen vorgekommen war.

465. Diesen Kometen hat schon am 26. Mai La Nux auf der Insel Bourbon gesehen: einen halben Monat später wurde er in London, dann in Dresden wahrgenommen. Sehr sorgfältig beobachtete ihn Messier vom 15. Aug — 2. Novbr. in Paris. Er ist in so ferne merkwürdig, als er zu denjenigen Kometen gehörte, die am längsten sichtbar geblieben sind. —

466. Die erste im Voraus verkündigte und von ganz Europa mit dem größten Interesse erwartete Erscheinung des Halley'schen Kometen: im Ganzen umfassen die Beobachtungen 161 Tage. Nur kurze Zeit war der Komet dem freien Auge sichtbar.

473. Von Messier, Helfetsrieder und La Nux beobachtet. Burckhardt hat eine elliptische Bahn berechnet mit einer Umlaufszeit von 5 Jahren; der Komet ist jedoch nicht wieder erschienen. Daß seine Bahn durch Planetenstörungen verändert worden sei, ist nicht zu vermuthen: eher dürfte anzunehmen sein, daß die Beobachtungen nicht hinreichend genau, und daher die berechnete Umlaufszeit nicht die wahre ist. Clausen vermuthet seine Identität mit dem Kometen von 1819. (Nr. 535.)

474. Dieser berühmte Komet wurde zuerst von Messier in Paris am 8. August wahrgenommen, zeigte besonders gegen die Mitte des Septbr. einen äußerst prachtvollen Schweif, der am 11. Novbr. über 90° Länge hatte. Der Kopf des Kometen war gleichfalls sehr groß und die Nebelhülle sehr glänzend. Eine bedeutende Krümmung war in der Mitte des Schweifes wahrzunehmen: einige Beobachter glaubten, eine Gegenkrümmung am Ende zu bemerken, so daß der Schweif das Ansehen einer großen durch Luftströmung mehrfach gebogenen Flamme darbot. Nach Bessel's Rechnung wird der Komet im Jahre 3789 wieder zurückkehren.

476. Lexells Komet (siehe §. 44)

479. Dies ist die erste beobachtete Erscheinung des Biela'schen Kometen; er wurde zum zweiten Male 1806 beobachtet, und erst bei der dritten Erscheinung 1826 wurde die Identität vollständig hergestellt.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
*484	89	1780	Komet, entdeckt von Olbers und Montaigne, beob. im Octb.
*485	90	1781	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 28. Juni—15. Juli.
486	91	1781	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 9. Octbr.—25. Decbr.
*487	92	1783	Komet, entdeckt von Pigott, beob. vom 20. Novbr.—21. Decbr.
488	93	1784	Komet, entdeckt von La Nux, beob. vom 15. Decbr.—11. März
*489	94	1785	Komet, entdeckt von Méchain und Messier, beob. vom 7. Jan. — 8. Febr.
*490	95	1785	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 11. März—17. Apr.
*491	96	1786	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 17. — 19. Jan.
*492	97	1786	Komet, entdeckt von Carolina Herschel, beob. vom 1. Aug. bis 26. Octbr.
*493	98	1787	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 10. Apr.—26. Mai.
*494	99	1788	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 25. Novbr.—29. Decbr.
*495	100	1788	Komet, entdeckt von Carolina Herschel, beob. vom 21. Decbr. bis 18. Januar.
*496	101	1790	Komet, entdeckt von Carolina Herschel, beob. am 9., 19., 20. und 21. Januar.
*497	102	1790	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 9. — 22. Jan.
*498	103	1790	Komet, entdeckt von Carolina Herschel, beob. vom 17. Apr. bis 29. Juni.
*499	104	1792	Komet, entdeckt von Carolina Herschel, beob vom 15. Decbr. bis 25. Januar.
*500	105	1792	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 10. Jan.—19. Febr.
*501	106	1793	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 27. Septbr.—11. Octbr.
*502	107	1793	Komet, entdeckt von Perny, beob. vom 24. Septbr.—3. Decbr.
*503	(90)	1795	Komet, entdeckt von Carolina Herschel, beob. vom 7. bis 27. December.
*504	108	1796	Komet, entdeckt von Olbers, beob. vom 31. März—14. Apr.
*505	109	1797	Komet, entdeckt von Bouvard, beob. vom 14. — 31. August.
*506	110	1798	Komet, entdeckt von Messier, beob. vom 12. Apr.—24. Mai.
*507	111	1798	Komet, entdeckt von Bouvard, beob. vom 6. — 12. Decbr.
*508	112	1799	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 6. Aug.—21. Octbr.
*509	113	1799	Komet, entdeckt von Méchain, beob. vom 26. Decbr 1799 bis 5. Jan. 1800.
*510	114	1801	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 12. — 23. Juli.
*511	115	1802	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 26. Aug. — 3. Octbr.
*512	116	1804	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 7. März — 1. Apr.
*513	(96)	1805	Komet, entdeckt von Bouvard, Pons und Huth, beob. vom 20. Octbr. bis 19. Novbr.
*514	(84)	1805	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 10. Novbr.—9. Decbr.

486. Mit bloßen Augen sichtbar; Schweiflänge 4°, Nebelhülle 5 Minuten. Sein Glanz dauerte nur kurze Zeit, und war nur Folge seiner großen Erdnähe. Am 9. Novbr. betrug seine Entfernung von der Erde nur $5^1/_4$ Mill. Meilen.

488. Dieser Komet wurde sowohl vor, als nach dem Perihel beobachtet und hatte ohne Zweifel bei günstiger Stellung großen Glanz entwickelt: in Europa konnte er übrigens diesmal nicht ohne Fernrohr wahrgenommen werden: dagegen war er auf der Insel Bourbon mit freiem Auge gesehen worden.

491. Dies ist die erste beobachtete Erscheinung des Encke'schen Kometen. Die Beobachtungen reichen zu einer Bahnbestimmung nicht hin, und die Identität hat Encke nur dadurch erkannt, daß er aus den später gefundenen Elementen zurückrechnete.

502. Burckhardt hat vermuthet, daß dieser Komet mit jenem von 1783 identisch sein könne.

503. Zweite nicht voraus verkündigte Erscheinung des Encke'schen Kometen.

513. Dies ist die dritte Erscheinung des Encke'schen Kometen, ehe seine periodische Wiederkehr erkannt wurde.

514. Dieser Komet ist später als identisch mit jenem von 1826 und 1772 erkannt worden: er ist unter dem Namen des Biela'schen bekannt.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
*515	117	1806	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 10. Novbr.—20. Decbr.; dann 17. Jan. — 12. Febr. 1807.
516	118	1807	Großer Komet, beob. vom 22. Septbr. — 27. März 1808.
*517	—	1808	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 6. — 9. Febr.
*518	119	1808	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 25. März — 2. Apr.
*519	120	1808	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 26. Juni — 3. Juli.
*520	—	1808	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 3. — 5. Juli.
*521	121	1810	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 29. Aug.—21. Septbr.
522	122	1811	Großer Komet, beob. vom 26. März — 10. Juni und 20. Aug. bis 11. Jan. 1812 endlich vom 31. Juli — 7. Aug. 1812.
*523	123	1811	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 16. Novb.—16. Febr. 1812.

516. Ein Komet von seltenem Glanze; zuerst am 9. Sept. 1807 zu Castro Giovanni in Sicilien mit freiem Auge wahrgenommen. Die Beobachtungen erstrecken sich auf einen Zeitraum von nahe 5 Monaten: die letzte Ortsbestimmung wurde von Wisniewsky in Petersburg am 27. März 1808 vorgenommen. Der helle gut begränzte Kern kam einem Sterne zweiter Größe gleich: das Merkwürdigste war aber der Schweif, der in zwei Aeste sich theilte, zwischen welchen ein dunkler Raum übrig blieb; der eine Ast war stark auswärtsgebogen. Bessel hat ihn berechnet und eine Umlaufszeit von 1713½ Jahren gefunden; indessen sind die Störungen, die er erlitten hat, so bedeutend, daß der gegenwärtige Umlauf um 170 Jahre abgekürzt wird.

517. Dieser Komet hat einige Aehnlichkeit mit jenem von 1797; jedoch ist die Identität nicht wahrscheinlich.

519. Von Pons nur einmal beobachtet, daher eine Bahnbestimmung unmöglich.

520. Wie der vorhergehende nicht zu berechnen, wegen zu geringer Anzahl von Beobachtungen.

522. Dieser berühmte Komet, merkwürdig durch seine Größe wie durch seine lange Sichtbarkeit ist von Flaugergues am 26. März 1811 zuerst gesehen worden. Erst nachdem er durch die Sonnennähe gegangen war und in vortheilhafterer Lage gegen die Erde stand, entwickelte er besondern Glanz: der Schweif, dessen wahre Länge 12—15 Mill. Meilen betrug, ging nicht unmittelbar vom Kern aus und hing mit diesem scheinbar nicht zusammen, obwohl übrigens nicht zu zweifeln ist, daß die Materie des Schweifes von dem Kerne hervorkam, aber nicht in hinreichend starkem Strome, um von der Erde aus wahrgenommen zu werden. Seine beträchtliche nördliche Declination begünstigte in den schönen Herbst- und Winternächten seine Sichtbarkeit. Bessel sprach die Vermuthung aus, daß es vielleicht möglich sein würde, den Kometen, der auch bei zunehmender Entfernung noch immer große Helligkeit zeigte, im Sommer 1812, wenn er in Opposition mit der Sonne käme, wieder aufzufinden. Den Bemühungen Wisniewsky's in Neu-Tscherkask ist es denn auch gelungen, den Kometen am 31. Juli 1812 als einen schwachen Nebel zu erkennen und seinen Lauf bis zum 17. August zu verfolgen, wo die Entfernung bereits 80 Mill. Meilen betrug. Nach Argelander's Berechnung ist die Umlaufszeit 3065 Jahre, eine Bestimmung, die begreiflicher Weise einiger Unsicherheit unterliegt. In der Sonnenferne steht er gegen 8700 Mill. Meilen, also 14mal weiter als Neptun von der Sonne ab. Es ist gar nicht unwahrscheinlich, daß der Komet von 1811, eben so wie jener von 1680 in der Sonnenferne beträchtliche Störungen durch die Fixsterne erleiden wird; absolut betrachtet könnten uns diese Störungen über die Größe und Lage der Fixsterne Auskunft gewähren: es versteht sich übrigens wohl von selbst, daß aus Phänomenen, die alle 3 bis 4 tausend Jahre wiederkehren, die Astronomen wenig Nutzen ziehen werden.

Dieser Komet ist besonders merkwürdig deßhalb, weil nach Argelander's Untersuchung die allgemeinen Bewegungsgesetze ungenügend sind, seinen Lauf vollständig zu erklären. Dies gibt zu der auch sonst nicht unwahrscheinlichen Vermuthung Anlaß, daß der Schwerpunkt des Kometen nicht in die Mitte des Kern's treffe, sondern daß die Lage desselben, folglich auch die Bahnbewegung von der Größe und Gestalt des Kometen und den Aenderungen, die darin vorgehen, abhängen müssen.

523. Für diesen Kometen hat Nicolai elliptische Elemente berechnet, wornach er 763½ Jahre zu seinem Umlaufe braucht und in der Sonnenferne 5½ mal weiter als Nep-

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
*524	124	1812	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 20. Juli—30. Septbr.
*525	125	1813	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 4. Febr. — 11. März.
*526	126	1813	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 2. Apr. — 16. Mai.
527	127	1815	Komet, entdeckt von Olbers, beob. vom 6. März—25. Aug.
*528	—	1816	Komet, entdeckt von Pons, beob. am 22. Jan. und 1. Febr.
*529	—	1817	Komet, entdeckt von Olbers und Scheithauer, beob. am 1. Novbr.
*530	128	1818	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 26. Decbr. 1817 bis 1. Mai 1818.
*531	—	1818	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 23. — 27. Febr.
*532	129	1818	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 29. Novbr. — 30. Jan.
*533	(96)	1819	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 26. Novbr. 1818 bis 12. Jan. 1819.
534	130	1819	Komet mit bloßem Auge sichtbar, beob. vom 1. Juli—October.
*535	131	1819	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 12. Juni — 19. Juli.
536	132	1819	Komet, entdeckt von Blanpain, beob. vom 28. Novbr. bis 25. Januar.

tun in den Weltraum hinauskommt. Eine Identität mit irgend einem früher erschienenen Kometen läßt sich nicht nachweisen.

524. Nach den von Encke aus den Beobachtungen dieses Kometen berechneten elliptischen Elementen würde seine Umlaufszeit 7,068 Jahre betragen und seine Bahn würde nur wenig über die Neptuns-Bahn hinausgehen. Es scheint indeß nicht, daß er schon früher beobachtet worden ist, wenn er nicht etwa identisch sein sollte mit dem von Hevel ziemlich unvollkommen beobachteten Kometen von 1672, dessen Elemente einige Aehnlichkeit mit denen dieses Kometen zeigen.

527. Der Olbers'sche Komet. Nicolai, Gauß, Nicollet und Bessel haben elliptische Bahnen mit einer Excentricität von 0,9305 bis 0,9331 berechnet. Die Bahn geht jedenfalls nur wenig über die Neptunsbahn hinaus. Bessel hat die Störungen dieses Kometen in Rechnung genommen und findet eine Umlaufszeit von 74,04913 Jahren, welche Periode bei dem gegenwärtigen Umlaufe eine Verkürzung von 824½ Tagen durch die Störungen erleidet, so daß der Komet am 9. Febr. 1887 in seine Sonnennähe zurückkehren wird. Frühere Erscheinungen dieses Kometen kennt man nicht, wenigstens haben die um 1740 und 1665 beobachteten Kometen keine Aehnlichkeit mit diesem.

528. Es sind nur zwei Beobachtungen vorhanden, und deßhalb eine Bahnberechnung nicht möglich.

529. Dieser Komet wurde nur an einem Tage gesehen und später, wahrscheinlich wegen zu großer Lichtschwäche, nicht wieder gefunden.

533. Der Encke'sche Komet: seine periodische Wiederkehr, in Umläufen von 1207 Tagen, wurde bei dieser Erscheinung zum ersten Male von Encke erkannt. Er war in früherer Zeit dreimal, nämlich 1786, 1795 und 1805 beobachtet worden. Er ist besonders merkwürdig durch den Umstand, daß bei jedem Umlaufe seine Wiederkehr beschleunigt wird, was Encke einem widerstehenden Aether zuschreibt (§. 48).

534. Dieser Komet zeigte sich plötzlich Anfangs Juli nach Sonnenuntergang in beträchtlichem Glanze. Der Rechnung nach soll er am 26. Juni 1819 vor der Sonnenscheibe vorübergegangen sein. In der Nacht vom 30. Juni zum 1. Juli ward er allenthalben mit bloßen Augen gesehen und hatte einen Schweif von bedeutender Länge: seine Helligkeit nahm aber sehr schnell ab, er verschwand bald dem bloßen Auge und konnte um Mitte October auch mit Fernröhren nicht mehr wahrgenommen werden.

535. In Marseille und Mailand vom 12. Juni bis 19. Juli beobachtet. Nach Encke's Untersuchung bewegte er sich in einer elliptischen Bahn mit einer Umlaufszeit von 5,618 Jahren. Clausen vermuthet, daß er mit jenem von 1766 (Nr. 473) identisch sei.

536. Die Beobachtung dieses Kometen erstreckt sich nur auf einen kurzen Zeitraum und obwohl die starke Abweichung von der Parabel entschieden ist, so läßt sich die Umlaufszeit nicht mit Sicherheit bestimmen. Diesen Kometen hält Clausen für identisch mit jenem von 1743. De Vico hat die Elemente dieses Kometen bestimmt: seine Bahn geht etwas über die Jupitersbahn hinaus, seine Umlaufszeit ist 5⅗ Jahre.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
537	133	1821	Komet, entdeckt von Nicollet und Pons, beob. vom 21. Jan. — 7. März.
*538	134	1822	Komet, entdeckt von Gambart, beob. vom 16. Mai bis Ende Juni.
*539	(96)	1822	Encke'scher Komet, beob. vom 2. — 29. Juni.
*540	135	1822	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 30. Mai — 12. Juni.
*541	136	1822	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 13 Juli — 22. Octbr.
542	137	1823	Komet mit bloßem Auge sichtbar, beob. vom 30. Decbr. bis 31. März 1824.
*543	138	1824	Komet, entdeckt von Rümker, beob. vom 15. Juli—11. Aug.
*544	139	1824	Komet, entdeckt von Schekthauer, beob. vom 23. Juli bis 25. Decbr.
*545	140	1825	Komet, entdeckt von Gambart, beob. vom 18. Mai bis 11. Juli.
*546	141	1825	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 9. — 26. Aug.
*547	(96)	1825	Encke'scher Komet, beob. vom 13. Juli — 7. Septbr.
548	142	1825	Komet, entdeckt von Pons und Biela, beob. vom 15. Juli bis 20. Decbr., dann vom 2 Apr. — 18. Juli 1826.
*549	(84)	1826	Komet, entdeckt von Gambart und Biela, beob. vom 27. Febr. — 9. Mai.
*550	143	1826	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 7. Novbr. 1825 bis 11. Apr. 1826.
*551	144	1826	Komet, entdeckt von Flaugergues, beob. vom 29. März bis 6. April.
*552	145	1826	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 7. Aug. — 26. Novbr.
*553	146	1826	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 22. Oktbr. — 5. Jan. 1827.
*554	147	1827	Komet, entdeckt von Pons, am 26. Decbr. 1826 beob. im Januar 1827.
*555	148	1827	Komet, entdeckt von Pons und Gambart, beob. vom 20. Juni — 21. Juli.
*556	149	1827	Komet, entdeckt von Pons, beob. vom 2. — 29. Aug.
*557	(96)	1829	Encke'scher Komet, beob. vom 16. Septbr. — 7. Decbr. 1828.

537. Dieser Komet wurde am 21. Jan. gleichzeitig von Nicollet zu Paris und von Pons zu La Marlia entdeckt, und ist nur kurze Zeit in Europa, später in Südamerika, beobachtet worden. Im Februar konnte er einige Zeit mit bloßem Auge gesehen werden. Rosenberger findet seine Bahn rein parabolisch. —

542. Merkwürdig bei diesem Kometen sind die zwei Schweife, wovon der eine wie gewöhnlich von der Sonne abgewendet war, der andere, schmal und spitzig, ungefähr auf die Sonne zuging. Den letztern halte ich blos für eine Ausströmung, wie Bessel am Halley'schen Kometen wahrgenommen hat (§ 80) und finde eine Aehnlichkeit mit jener Ausströmung auch darin, daß die Intensität wechselnd war, und der Richtungswinkel sich im Laufe der Erscheinung geändert hat. Die Ausströmung sowohl, als der eigentliche Schweif lagen in der Bahnebene. Das einzige Auffallende wäre hiernach die Länge der Ausströmung, sie betrug 3° — 7° und übertraf immer die Länge des Schweifes.

548. Dieser Komet war im October mit bloßem Auge sichtbar und hatte einen Schweif von etwa 10° Länge.

549. Gambart sowohl, als Biela erkannten die Identität dieses Kometen mit jenem von 1806, und fanden eine Umlaufszeit von $6^3/_4$ Jahren. Der Komet ist unter dem Namen des Biela'schen bekannt.

553. Dieser Komet ging am 18. Novbr. Morg. der Rechnung zufolge, über die Sonnenscheibe. Gambart und Flaugergues konnten indessen keine Spur davon wahrnehmen.

556. Dieser Komet wurde auch nach dem Perihel am 16. Octbr. von Nicolai beobachtet. Anfangs vermuthete man, daß er identisch sei mit dem Kometen von 1780, was jedoch durch die genauere Bahnberechnung nicht bestätigt wurde.

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
*558	150	1830	Komet mit Schweif von 7°—8°, beob. vom 17. März—17. Aug.
*559	151	1830	Komet, mit freiem Auge sichtbar, beob. vom 7. Jan.—8. März.
*560	(96)	1832	Encke'scher Komet, beob. vom 1. Juni — 21. Aug.
*561	152	1832	Komet, entdeckt von Gambart, beob. vom 19. Juli—27. Aug.
*562	(84)	1832	Biela'scher Komet, beob. vom Octobr. 1832 — Jan. 1833.
*563	153	1833	Komet, entdeckt von Dunlop, beob. vom 1. — 16. Octbr.
*564	154	1834	Komet, entdeckt von Dunlop und Gambart, beob. vom 7. März — 14. Apr.
*565	155	1835	Komet, entdeckt von Boguslawski, beob. vom 20. Apr. bis 27. Mai.
*566	(96)	1835	Encke'scher Komet, beob. vom 22. Juli — 6. Aug.
567	(19)	1835	Halley'scher Komet, beob. vom 5. Aug. — 17. Mai 1836.
*568	(96)	1838	Encke'scher Komet, beob. vom 16 Septbr. — 16. Novbr.
*569	156	1840	Komet, entdeckt von Galle, beob. vom 2. Decbr. 1839 bis 8. Febr. 1840.
*570	157	1840	Komet, entdeckt von Galle, beob. vom 25. Jan. — 1. Apr.
*571	158	1840	Komet, entdeckt von Galle, beob. vom 6. — 27. März.
*572	159	1840	Komet, entdeckt von Bremiker, beob. vom 26. Octbr. bis 16. Febr. 1841.
*573	(96)	1842	Encke'scher Komet, beob. vom 8. Febr. — 11. Apr.
*574	160	1842	Komet, entdeckt von Laugier, beob. vom 28. Octbr. bis 27. Novbr.
575	161	1843	Großer Komet, beob. vom 28. Febr. — 15. Apr.

567. Der Halley'sche Komet, schon mehrere Jahre vorher in vielen populären Schriften besprochen, entsprach den Erwartungen des Publicums nicht. Eine kurze Zeit im October zeigte er nicht unbeträchtlichen Glanz, aber keineswegs so wie im Jahre 1760. Einige glaubten, er habe an Größe abgenommen: indessen ist es höchst wahrscheinlich, daß derselbe Komet einmal mehr und einmal weniger Licht und Volumen entwickeln kann; die Ursachen, die hier zu Grunde liegen, sind uns jetzt noch unbekannt. Für die astronomische Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Kometen hat diese Erscheinung des Halley'schen Kometen höchst wichtige Bestimmungen geliefert, worüber das Nähere in §. 80 zu finden ist.

575. Dies ist der größte und merkwürdigste Komet, der in neuester Zeit erschienen ist. Er ward am 28. Febr. bei hellem Tage an vielen Orten in Europa und Amerika gleichzeitig entdeckt, namentlich haben wir Beobachtungen aus Parma, Bologna, Mexico und Portland in Nordamerica. So außerordentlichen Glanz scheint der Komet nur einige Stunden hindurch entwickelt zu haben und er wurde nicht mehr wahrgenommen, bis man Abends seinen Schweif am westlichen Himmel nach Sonnenuntergang weit heraufgehen sah. Darlu in Coyapo bemerkte ihn am 1., Wilken und Lütze unter dem Aequator am 4., Decous in Cuba am 5., Caldecott in Trevandrum seit dem 6. März. Einige Tage später konnte er in Italien und im südlichen Frankreich, von dem 17. März an in ganz Mitteleuropa gesehen werden, jedoch war an den meisten Orten nur der Schweif sichtbar, während der Kopf unter dem Horizont sich befand. In nördlichen Gegenden wurde auch der Schweif nicht bemerkt. Am 17. März, wo ich den Schweif zum erstenmale wahrnahm, muß dessen Länge über 90° betragen haben. Die Länge sowohl als der Glanz des Schweifes nahm aber von Tag zu Tag mit ungewöhnlicher Schnelligkeit ab, und in den ersten Tagen des April verschwand der Komet gänzlich.

Aus den Berechnungen ergibt sich, daß er am 27. Febr. der Sonne näher, als irgend ein anderer Komet gestanden habe: aus den ersten Rechnungen, die von Plantamour und Encke ausgeführt wurden, wäre sogar hervorgegangen, daß der Komet zur Zeit seines Perihels sich innerhalb der Sonnenatmosphäre befunden habe.

Man hat eine Identität mit dem Kometen von 1668 vermuthet, der gleichfalls unter ähnlichen Umständen im März plötzlich erschienen ist. Hiernach wäre die Umlaufszeit 175 Jahre und die früheren Erscheinungen des Kometen würden etwa auf 1491—92, 1317, 1142 — 43, 968, 442, 268 fallen: in allen diesen Jahren sind Kometen gesehen worden. Viel wahrscheinlicher ist aber die Annahme, daß die Umlaufszeit 147

Digitized by Google

Fortl. Nro.	Nro. der Bahn	Jahr nach Christi	Kometen-Erscheinungen.
*576	162	1843	Komet, entdeckt von Mauvais, beob. vom 3. Mai—1. Octbr.
*577	163	1843	Komet, entdeckt von Tave, beob. vom 22. Novbr.—10. Apr.
*578	164	1844	Komet, entdeckt von De Vico, beob. vom 22. Aug.—31. Decbr.
*579	165	1844	Komet, entdeckt von Mauvais, beob. vom 7. Juli—8. Septbr. und vom 27. Jan. — 10. März 1845.
580	166	1844	Großer Komet, beob. vom 19. Decbr. — 12. März.
*581	167	1845	Komet, entdeckt von d'Arrest, beob. vom 28. Decbr.—30. März.
*582	168	1845	Komet, entdeckt von De Vico, beob. vom 25. Febr.—25. Apr.
583	169	1845	Komet, entdeckt von Galle, beob. vom 2. — 27. Juni.
*584	(96)	1845	Encke'scher Komet, beob. vom 4. — 14. Juli.
*585	170	1846	Komet, entdeckt von De Vico, beob. vom 24. Jan.—1. Mai.
*586	(84)	1846	Wiederkehr des Biela'schen Kometen.
*587	171	1846	Komet, entdeckt von Brorsen in Kiel; beob. vom 26. Febr. bis 22. April.
*588	172	1846	Komet, entdeckt von De Vico in Rom; beob. vom 20. Febr. bis 1. Mai.
*589	173	1846	Komet, entdeckt von De Vico in Rom und Hind in London; beob. vom 29. Juli bis Ende Septbr.
*590	174	1846	Komet, entdeckt von Peters in Neapel; beob. vom 26. Juni bis 21. Juli.
*591	175	1846	Komet, entdeckt von Brorsen in Kiel; beob. vom 30. Apr. bis 12. Juni.
*592	176	1846	Komet, entdeckt von De Vico in Rom, beob. vom 23. Septbr. bis Ende October.
*593	177	1847	Komet, entdeckt von Hind in London; beob. v. 6. Febr.—24. Apr.
*594	178	1847	Komet, entdeckt von Colla in Parma; beob. vom 7.—24. Mai.
*595	—	1847	Komet, entdeckt von Mauvais in Paris, am 7. Juli.
*596	—	1847	Komet, entdeckt von Brorsen, am 20. Juli.
*597	—	1847	Komet, entdeckt von Schweizer in Moskau am 31. Aug.
*598	—	1847	Komet, entdeckt von Maria Mitchel in Nantucket am 1. Octbr.
*599	—	1848	Komet, entdeckt von Petersen in Altona am 7. Aug.
*600	—	1848	Komet, entdeckt von Petersen am 26. Octbr.
*601	—	1849	Komet, entdeckt von Schweizer in Moskau am 11. Apr.
*602	—	1849	Komet, entdeckt von Goujon in Paris am 15. Apr.
*603	—	1850	Komet, entdeckt von Petersen in Altona am 1. Mai.
*604	—	1850	Komet, entdeckt von Bond in Cambridge (Amerika) am 29. Aug.

bis 148 Jahre betrage; alsdann treffen die früheren Erscheinungen auf 1695, 1548, 1401, 1254, 1106, 367, 219, 72 und endlich noch auf 371 v. Chr. Die Erscheinungen von 1106 und 371 v. Chr. fielen in dieselbe Jahreszeit, und der ganze Verlauf der Erscheinungen bietet so viele Uebereinstimmung dar, daß an der Identität kaum zu zweifeln ist.

577. Goldschmidt hat zuerst gefunden, daß die Bahn dieses Kometen eine Ellipse von verhältnißmäßig geringer Excentricität sei. Die Umlaufszeit ist 2717,68 Tage, und der Komet wird sein Perihel wieder erreichen 1851. Apr. 3, 5. Bei dieser Bestimmung sind die Störungen berücksichtigt.

578. Komet mit elliptischer Bahn und einer Umlaufszeit von 1993 Tagen. Die Excentricität der Bahn ist nicht beträchtlich. Le Verrier hat mit großer Wahrscheinlichkeit nachgewiesen, daß dieser Komet identisch ist mit jenem von 1678: es ist merkwürdig, daß, obwohl er in der Zwischenzeit 30 mal zurückgekommen sein muß, er stets unbemerkt vorüberging.

580. Auf der südlichen Halbkugel mit freiem Auge sichtbar. Er hatte einen Schweif von 10° Länge.

583. Dieser Komet erschien am nördlichen Horizont und war gleich vom Anfange mit freiem Auge sichtbar. D'Arrest hat unter der Voraussetzung, daß er mit dem Kometen von 1596 identisch sei, eine elliptische Bahn berechnet, die sich den Beobachtungen sehr befriedigend anschließt. Hiernach wäre die Umlaufszeit 249 Jahre.

586. Der Komet zeigte einen doppelten Kern (§. 81).

587. Ein periodischer Komet mit $5^1/_2$ Jahre Umlaufszeit.

593. Dieser Komet konnte durch Fernröhre am Tage der Sonnennähe zu Mittag neben der Sonne gesehen werden.

Digitized by Google

44. Komet von 1770: Zusammenstoß eines Kometen mit der Erde. Wie ich im Weltgebäude überhaupt allenthalben Ordnung und Stabilität voraussetze, so habe ich auch eben dieselben Bedingungen unter den Kometen angenommen. Gleichwohl muß ich ein Beispiel erwähnen, welches, so wie die Umstände jetzt sich darstellen, mit dieser Ansicht schwer zu vereinbaren scheint. Im Jahre 1770 erschien ein Komet, der besondere Aufmerksamkeit erregte, weil sein Lauf durch eine parabolische Linie nicht dargestellt werden konnte. Lexell erkannte, daß man eine elliptische Bahn mit einer Umlaufszeit von etwas mehr als 5½ Jahren annehmen müsse: und doch war der Komet nie zuvor gesehen worden und ist auch später nicht wieder erschienen. Endlich klärten Burckhardts Rechnungen die Sache auf, indem sie zeigten, daß der Komet im Jahre 1767 in der Nähe des Jupiters vorübergegangen war, wobei die Anziehung dieses mächtigen Planeten seine Bahn geändert und in eine Ellipse von kleinern Dimensionen verwandelt hatte. In dieser Ellipse würde er nun verblieben sein, wäre er nicht zum zweitenmale im Jahre 1779 in Jupiters Nähe gekommen, und dadurch wieder soweit hinausgelenkt worden, daß er uns nach Burckhardt's Angabe stets unsichtbar bleiben wird. Letzteres dürfte neuern Untersuchungen zufolge dahin zu modificiren sein, daß der Komet periodenweise eine größere, dann wieder eine kleinere Bahn beschreibt, und daß der Uebergang von einer Bahn zur andern durch die Jupiters-Störungen bewirkt wird; jedenfalls hat aber die Nachweisung einer so bedeutenden Umgestaltung der Bahn nicht wenig dazu beigetragen, die Ansicht zu verbreiten, daß eine strenge Ordnung, wie wir sie im Planeten-Systeme antreffen, bei den Kometen nicht bestehe. Unter den Astronomen hat vorzüglich Laplace diese Ansicht vertreten: nicht bloß läßt er die Kometen vom Weltraume in das Sonnensystem ohne bestimmte Ordnung hereinkommen, sondern nimmt auch die Möglichkeit eines Zusammenstoßes mit den Planeten an, und scheint sogar geneigt, mancherlei Verhältnisse, die wir an den Planeten wahrnehmen, einem wirklich erfolgten Stoße des einen oder andern Kometen, der sie in vorgeschichtlicher Zeit getroffen, zuzuschreiben. So z. B. hält er es nicht für unwahrscheinlich, daß die Planeten-Bahnen ursprünglich Kreise gewesen sind, und durch das Zusammentreffen mit Kometen in Ellipsen verwandelt wurden. Eben so rechnet er die physische Libration des Mondes zu den möglichen Wirkungen eines Kometen-Stoßes.

Laplace hat die Möglichkeit einer Kollision mit einem Kometen angenommen, um astronomische Thatsachen zu erklären: dieselbe Idee ist indessen von Andern in sehr verschiedenem Sinne ausgebeutet worden, und seitdem Whiston die biblische Sündfluth durch einen Kometen herbeiführen ließ, hat das Zusammentreffen der Erde mit einem Kometen den Gegenstand populärer Betrachtung und wohl manchmal auch populärer Befürchtung gebildet. Setzt man voraus, daß die Kometen in allen Richtungen den Himmelsraum ordnungslos durchstreifen, so liegt es allerdings innerhalb der Sphäre der Möglichkeit, daß auch einmal ein Planet davon getroffen werde. Da wir aber Ereignisse nicht im Verhältnisse ihrer Möglichkeit, sondern im Verhältnisse ihrer Wahrscheinlichkeit befürchten, so wäre erst zu untersuchen, welche Wahrscheinlichkeit hier vorhanden sei. Gibt man jedem Planeten im Mittel einen Rayon von 30,000 Meilen, so findet man, daß die Planeten, mit einander nur den 25 millionsten Theil der Kreisfläche brauchen, in welcher sie sich bewegen, daß mithin ein Komet an 25 Millionen Stellen durch die Ebene der Ecliptik, innerhalb der Bahn des Neptun gehen kann, bis er einmal in den

Digitized by Google

Rayon eines Planeten trifft. Hiermit ist jedenfalls ein sehr geringer Grad von Wahrscheinlichkeit ausgedrückt.

Die Frage bietet eine andere Seite dar, sobald es sich um periodische Kometen handelt, deren Lauf der einen oder andern Planetenbahn nahe kommt, wie dieß bei dem Biela'schen Kometen der Fall ist. Wie oben der Raum, so muß hier die Zeit ins Auge gefaßt werden. Da die Erde ungefähr 15000 Meilen in der Stunde zurücklegt, und der Komet eine noch größere Geschwindigkeit hat, so ist es nöthig, daß die beiden Körper in derselben Stunde in einem bestimmten Punkte ihrer Bahn eintreffen, wenn eine Gefahr vorhanden sein soll. Es ist leicht einzusehen, daß die Wahrscheinlichkeit eines so engbegrenzten Ereignisses, allgemein betrachtet, sehr klein sein wird: was den eben erwähnten Biela'schen Kometen, der in einem der Erdbahn sehr nahe gelegenen Punkte die Ebene der Ecliptik durchschneidet, insbesondere betrifft, so läßt sich, da wir seine Bahn kennen, mit Bestimmtheit voraussagen, daß in nächster Zukunft eine gefahrdrohende Annäherung nicht stattfinden kann. Später wird durch die ziemlich bedeutende Säcular-Aenderung der Kometenbahn die Gefahr noch vermindert werden.

Wir wollen nicht unterlassen, noch am Schlusse dieser Betrachtungen diejenigen, die etwa vor Kometen Furcht hegen, zu erinnern, daß die angeregten Fragen nur dann eine Bedeutung erhalten, wenn man voraussetzt, erstens, daß die Kometen auf Gerathewohl und ohne Rücksicht auf die übrigen Körper im Weltraume ausgetheilt sind, und zweitens, daß die ganz geringfügige Masse der Kometen, und der Dunst, der sie begleitet, dem Leben der Erdbewohner und den Bedingungen ihrer Existenz nachtheilig sein können. Ueber beide Punkte lassen sich für jetzt nur Vermuthungen aussprechen, die jedenfalls nicht geeignet sind, die Kometenfurcht zu bestärken. Auf die weitere Entwickelung der von verschiedenen Astronomen vorgebrachten Wahrscheinlichkeitsgründe und Schlußfolgerungen will ich hier nicht eingehen, sondern erwähne bloß, daß, so weit die Geschichte zurückreicht, weder die Erde, noch ein anderer Planet von einem Kometen getroffen worden ist, und daß insbesondere bei der Erde auch eine große Annäherung nie statt gefunden hat, denn der Komet von 1770, der uns noch am nächsten kam, hat sich nur bis auf einen Abstand von 363 Erdhalbmessern genähert.

45. Kometen-Störungen. Um hinsichtlich der Kometen diejenigen Punkte, die oben bei dem Planeten-System in Betracht gezogen worden sind, abzuhandeln, hätten wir noch den Erfolg der Störungen näher zu bestimmen. Hier treffen wir nun ganz eigene Verhältnisse an: es läßt sich für's Erste in Folge der Unvollkommenheit unserer Rechnungsmethoden nicht allgemein sagen, wie groß die Störungen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes werden können, sondern man muß den Lauf des Kometen von Intervall zu Intervall (z. B. von 20 zu 20 Tagen) verfolgen, und für jedes einzelne Intervall die Störungen, welche die einzelnen Planeten hervorbringen, bestimmen. Die Summe aller dieser partiellen Resultate gibt den Betrag, den die Störungen am Ende erlangen. Wer demnach ermitteln will, welche Gestalt und Lage die Bahn des Biela'schen Kometen in 100 Jahren haben wird, muß (bei Intervallen von 20 Tagen) nahe an 20,000 partielle Störungs-Rechnungen vornehmen, eine Arbeit, deren genaue Ausführung jedenfalls die halbe Lebenszeit eines geschickten Rechners in Anspruch nehmen würde. Mehr bedarf es wohl nicht, um begreiflich zu machen, daß bei wenigen Kometen bisher und in keinem Falle für eine längere Periode die Störungen genau bestimmt worden sind.

Digitized by Google

Ein zweiter wesentlicher Unterschied zwischen den Störungen der Kometen und Planeten besteht darin, daß, während diese nur innerhalb gewisser Gränzen zu- oder abnehmen, jene so weit anwachsen können, daß eine allmälige Umgestaltung der Bahn erfolgt. Als Beispiel mäßiger Störungen kann der Encke'sche Komet dienen, dessen Elemente seit 1819 sich gestaltet haben, wie folgt:

Jahr	Durchgang durch das Perihel. mittl. Pariser Zeit	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung der Bahn	Kleinste Entfernung	Mittlere Entfernung	Excentricität
1786	Jan. 30. 20h 34′ –″	156° 38′ 0″	334° 8′ 0″	13° 36 0	0,3239	2,1357	0,8484
1795	Dec. 21. 10 44 2	156 41 0	334 39 22	13 42 30	0,3345	2,2138	0,8489
1805	Nov. 21. 12 9 11	156 47 24	334 20 11	13 33 30	0,3404	2,2233	0,8462
1819	Jan. 27. 6 3 4	157 5 53	334 43 37	13 38 42	0,3340	2,2131	0,8491
1822	Mai 23. 23 51 52	157 11 29	334 19 32	13 22 25	0,3458	2,2244	0,8445
1825	Sept. 16. 6 51 2	157 13 31	334 27 6	13 21 56	0,3470	2,2233	0,8450
1829	Jan. 9. 17 56 41	157 18 25	334 29 29	13 20 40	0,3454	2,2239	0,8447
1832	Mai 3. 23 31 22	157 21 32	334 32 4	13 22 12	0,3434	2,2219	0,8455
1835	Aug. 26. 9 2 38	157 24 1	334 34 52	13 21 17	0,3443	2,2227	0,8451
1838	Dec. 18. 23 14 59	157 27 35	334 36 32	13 21 29	0,3439	2,2221	0,8452
1842	Apr. 12. 1 11 6	157 30 5	334 39 2	13 20 25	0,3453	2,2238	0,8448
1845	Aug. 9. 15 11 29	157 44 21	334 19 33	13 7 34	0,3382	2,2164	0,8474

Ganz große Störungen bringt in der Regel bloß Jupiter hervor, die übrigen Planeten nur in dem seltenen Falle, wenn ihnen ein Komet sehr nahe kommt. Ein Beispiel solcher Störungen haben wir schon oben an dem Lexell'schen Kometen erwähnt, es darf auch sonst nach Leverrier's Untersuchungen als allgemeine Regel angenommen werden, daß alle Kometen, die in Jupiters Nähe vorübergehen, periodenweise sichtbar und unsichtbar werden.

4. Muthmaßliche kosmische Körper.

46. Verschiedene Körper im Weltraume vorhanden. So weit die bisherige Naturforschung fortgesetzt worden ist, hat man jedesmal gefunden, daß in dem Maße, als neue und genauere Forschungsmittel hergestellt wurden, die Wissenschaft an Umfang ebensowohl, als an Genauigkeit gewonnen hat. Das Microscop diente nicht bloß dazu, bekannte Körper richtiger in ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenthümlichkeiten kennen zu lernen: es hat auch ganze Reiche selbstständiger Wesen aufgeschlossen, die man vorher kaum geahnt hatte; und ebenso hat das Fernrohr am Himmel zur Entdeckung einer zahllosen Menge von Weltkörpern geführt, von deren Existenz wir jetzt noch ohne dieses Hülfsmittel keine Kenntniß erhalten hätten. Mit Beziehung auf diese Verhältnisse wird der rationelle Himmelsforscher sich wohl hüten, das für eine Gränze zu halten, wo unsere Forschung im jetzigen Augenblicke stehen geblieben ist. Wir kennen eine Anzahl großer Körper, welche im Himmelsraume sich nach bestimmten Gesetzen bewegen, und da ihren angewiesenen Aufenthaltsort, ihre kosmische Bedeutung haben: wer aber damit das Reich der kosmischen Körper als abgeschlossen erklären wollte, würde eben so voreilig handeln, als derjenige, der etwa den Elephanten, den Wallfisch und die größern Thiere kennen gelernt hätte, und dann behaupten würde, es sei die Erde von keinem andern Thiere bewohnt. Man darf übrigens diese An-

Digitized by Google

sicht nicht etwa dahin deuten, als wenn sie phantastische Speculation begünstigte: es soll vielmehr darin nur die Aufforderung liegen, unermüdet zu suchen, und jeden vorkommenden Umstand in allen seinen Beziehungen auf das Sorgfältigste zu beachten. Mit Hinsicht auf diesen Zweck wollen wir Einiges andeuten, was den Gegenstand astronomischer Speculation gebildet hat, oder in nächster Zukunft bilden dürfte.

47. Der Aether als Träger des Lichtes, der Wärme, der Gravitation. Fürs Erste ist es eine merkwürdige Sache, wie das Licht der Himmelskörper zu uns gelangt. Den Bemühungen der Physiker ist es gelungen, mit sehr großer Wahrscheinlichkeit nachzuweisen, daß sich das Licht durch Wellen fortpflanze, und die Empfindung des Sehens durch Lichtwellen eben so zu Stande komme, wie das Hören durch Luftwellen. Wird nun das Licht durch Wellen fortgepflanzt, so muß man etwas haben, worin diese sich bilden, etwas Luftartiges, einen Aether. Wir wären hiernach genöthigt, den Weltraum überhaupt als mit Aether ausgefüllt anzusehen.

Aehnliche Bewandtniß hat es mit der Wärme: auch sie bedarf eines Trägers, um sich im Raume fortzupflanzen; daß derselbe Aether, der die Lichtwellen zu uns bringt, auch die Wärme in gleicher Weise fördert, darf wenigstens ohne Untersuchung kaum vorausgesetzt werden.

Es gab eine Zeit, wo man nach allen vorliegenden Erfahrungen von dem Lichte und der Sonnenwärme hätte sagen können, sie seien Kräfte, die in der Ferne wirken, Kräfte, die im Augenblicke über unendliche Räume sich verbreiten; als man aber durch weitere Forschung erkannt hatte, daß sie von Punkt zu Punkt sich fortpflanzen, und allerdings einer Zeit dazu bedürfen, da fand die Idee einer in der Ferne wirkenden Kraft — wie wir uns jetzt die Gravitation vorstellen — auf diese Klasse von Phänomenen keine Anwendung mehr. Ob nicht auch eine Zeit kommen wird, wo man die Gravitation als etwas Fortgepflanztes — als eine Strömung — erkennen, und einen Träger, vielleicht denselben Aether — brauchen wird, möchte nicht gerade als ausgemacht jetzt noch zu betrachten sein, und einige Wirkungen, die wir wahrnehmen, — z. B. die abnehmende Geschwindigkeit der Mondbewegung — könnten wir einer solchen Ursache beimessen. Auch begegnen wir hier der characteristischen Thatsache, daß stets große Anziehungskraft mit großer Lichtentwickelung verknüpft ist. Vorläufig indessen ist kein hinreichender Grund zur Annahme einer solchen Hypothese vorhanden; und den Aether hätten wir nur anzunehmen in der Weise, daß er den Bedingungen der Fortpflanzung des Lichts und der Wärme entspreche.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß in dieser Untersuchung erst der Anfang gemacht ist. Man nimmt einen elastischen Aether an, um die Fortpflanzung gewisser Wirkungen zu erklären: ist aber wirklich ein Aether vorhanden, so wird sich seine Existenz durch verschiedene Umstände kund geben müssen. Eine elastische Flüssigkeit müßte sich in den Raum zerstreuen, wenn sie nicht durch irgend einen Körper angezogen und zusammengehalten würde, wie unsere Luft durch die Erde angezogen wird. Gibt man dies einmal zu, so folgt, daß näher am Mittelpunkte der Anziehung der Aether dichter sein muß, als in großer Entfernung davon, und da die Richtung und Geschwindigkeit der Wellenfortpflanzung von der Dichtigkeit des Mittels abhängt, so folgt ferner, daß das Licht sich nicht in allen Theilen des Raumes in gerader Linie fortpflanzen könne. Endlich wird es nothwendig werden, mehrere Mittelpunkte der Anziehung — vielleicht eben so viele als es selbstleuchtende Körper gibt — anzunehmen. Auf solche Weise wird die Fortpflanzung des Lichtes, die uns jetzt

Digitized by Google

so höchst einfach erscheint, eine sehr verwickelte Frage, zu deren Lösung wahrscheinlich genauere Beobachtungs-Mittel gehören, als wir jetzt noch besitzen.

48. Der Aether als widerstehendes Mittel. Noch eine andere, wenn auch problematische, Thatsache scheint uns in die Nothwendigkeit zu versetzen, den Weltraum mit irgend einer luftartigen Substanz auszufüllen. Encke hat bei Berechnung des Kometen, der seinen Namen trägt, gefunden, daß die Umlaufszeit beständig abnimmt, als wenn die Bewegung sich beschleunigte, und daß die Beschleunigung gerade in dem Verhältnisse fortschreitet, wie es sein müßte, wenn der Komet in einer widerstehenden Flüssigkeit sich zu bewegen hätte*). Auffallend ist es freilich, daß die Bewegung des Halley'schen Kometen keine Spur eines solchen Widerstandes gezeigt hat.

Auch an den Planeten hat man bisher keine verzögernde Einwirkung erkannt. Letztere Thatsache ließe sich zwar allenfalls genügend erklären, da man annehmen könnte, oder vielmehr annehmen müßte, daß der Aether um die Sonne nach gleicher Richtung wie die Planeten sich bewege: dagegen sollte an den Monden, die in diesem herumströmenden Aether bald vorwärts, bald rückwärts sich zu bewegen haben, eine Einwirkung sich zeigen, wovon ebenfalls keine Spur bisher zu bemerken gewesen ist. Man darf übrigens nicht vergessen, daß die Kräfte, welche auf die Kometen einwirken, noch nicht mit hinreichender Sicherheit ermittelt sind; daß auch Störungsrechnungen so viele Schwierigkeit und Weitläufigkeit darbieten, daß man sich gerade nicht darüber zu wundern hätte, wenn nicht in allen Fällen die erforderliche Vollständigkeit wäre erreicht worden. Die Aufklärung der hier angeregten, höchst wichtigen Fragen bleibt der Zukunft vorbehalten.

49. Das Zodiakallicht. Wir haben noch des Zodiakallichtes zu erwähnen, das ebenfalls durch irgend etwas Materielles — Luft- oder Dunstartiges — veranlaßt sein muß. Den Meisten ist das Zodiakallicht-Licht — jener helle Streifen, der bei uns besonders vom Febr. bis Apr. an heitern Abenden in Westen, Morgens in Osten sich kegelförmig erhebt und nahe bis zum Zenith hinaufreicht — aus eigener Anschauung bekannt: um aber das Phänomen richtig aufzufassen, muß man die Beobachter hören, die es in der heißen Zone zu sehen Gelegenheit gehabt haben. „Seit 3 oder 4 Nächten", sagt der hochgefeierte Verfasser des „Kosmos," (zwischen 10° und 14° nördlicher Breite) sehe ich das Zodiakallicht in einer Pracht, wie es mir noch nie erschienen ist. In diesem Theile der Südsee ist, auch nach dem Glanze der Gestirne und Nebelflecken zu urtheilen, die Durchsichtigkeit der Atmosphäre wundervoll groß. Vom 14. bis 19. März war sehr regelmäßig $^3/_4$ Stunden, nachdem die Sonnenscheibe sich in das Meer getaucht hatte, keine Spur von Thierkreis-Lichte zu sehen, obgleich es völlig finster war. Eine Stunde nach Sonnenuntergang wurde es auf einmal sichtbar, in großer Pracht zwischen Aldebaran und den Plejaden am 18. März 39° 5' Höhe erreichend. Schmale langgedehnte Wolken erscheinen zerstreut in lieblichem Blau, tief am Horizont, wie vor einem gelben Teppich. Die obern spielen von Zeit zu Zeit in bunten Farben. Man glaubt, es sei ein zweiter Untergang der Sonne. Gegen diese Seite des Himmelsgewölbes hin scheint uns dann die Helligkeit der Nacht zuzunehmen, fast wie im ersten Viertel des Mondes. Gegen 10 Uhr war das Zodiakallicht hier in der Südsee gewöhnlich schon sehr schwach, um Mitternacht

*) Der Widerstand des Aethers hält die Bewegung des Kometen auf, so daß er nicht so weit, als es sonst der Fall wäre, von der Sonne sich entfernt: die Folge davon ist, daß er früher in die Sonnennähe wieder zurückkommt.

Digitized by Google

sah ich nur eine Spur desselben. Wenn es den 16. März am stärksten leuchtete, so ward gegen Osten ein Gegenschein von mildem Lichte sichtbar."

Diese merkwürdige Erscheinung ist von Einigen einer sehr abgeplatteten Dunsthülle der Sonne zugeschrieben worden; Andere haben einen flachen Dunstring zwischen der Bahn der Venus und des Mars angenommen. Die erstere Erklärungsweise ist unzulässig, da nach mechanischen Gesetzen die Sonnen-Atmosphäre nicht in solchem Maße abgeplattet sein kann: in Beziehung auf die zweite hebe ich nur den Umstand hervor, daß, wenn sie begründet wäre, ein Beobachter am Aequator und ein Beobachter in unserer geographischen Breite das Phänomen zu derselben Zeit, aber nicht genau in derselben Gestalt und an derselben Stelle des Himmels sehen sollten. Nun scheint aus den freilich wenig zahlreichen Angaben, die wir besitzen, entschieden hervorzugehen, daß das Zodiakallicht in den verschiedenen Breiten nicht zu gleicher Zeit, aber an derselben Stelle und in derselben Gestalt sich zeigt.

Wäre es erlaubt, zu den bereits vorhandenen Hypothesen eine neue hinzuzufügen, so würde ich auf die Aehnlichkeit des Zodiakallichtes mit den Kometen-Schweifen aufmerksam machen. Wie die Kometen den Dunst des Schweifes, der viele Millionen Meilen sich entfernt hat, wieder an sich bringen, ist mir nicht wohl begreiflich: daß diese Materie im Weltraume sich zerstreue, und nach und nach die Kometen sich auflösen, ist wiederum weder durch Beobachtung hergestellt, noch der Analogie angemessen, welche uns überall das Weltsystem als stabil und unveränderlich zeigt. Es müßte also das, was im Kometen-Schweife leuchtet, dem Weltraume angehören, sich bloß entzünden am Kometen, und von der Sonne hinausfliegen. In diesem Falle wäre aber die Annahme zulässig, daß auch an den Planeten eine ähnliche Lichtentwickelung stattfinde, und als solche könnte man das Zodiakallicht betrachten. Die Thatsachen reichen nicht hin, eine Bestätigung oder eine Widerlegung zu begründen, und wir müssen vorläufig uns damit begnügen, das Zodiakallicht unter die problematischen Erscheinungen einzureihen.

Es scheint mir nicht unwichtig, die Bemerkung hier noch beizufügen, daß, während ich selbst in München häufig Gelegenheit gehabt habe, das Zodiakallicht in großer Intensität zu sehen, Muncke in Heidelberg, seiner Versicherung zufolge, es niemals wahrzunehmen vermochte. Es würde darnach die Vermuthung entstehen können, daß das Zodiakallicht von der Oertlichkeit abhänge, was mit den übrigen Eigenthümlichkeiten dieses Phänomens gerade keineswegs unverträglich wäre. Daß eine ähnliche Abhängigkeit bei dem Nordlichte stattfindet, halte ich für höchst wahrscheinlich, da ich häufig bei magnetischen Störungen, wo ich mit aller Aufmerksamkeit am Himmel nachsah, in der Erwartung, ein Nordlicht wahrnehmen zu können, keine Spur bemerkte, während anderwärts, namentlich in Parma und Brüssel, die Erscheinung deutlich sich zeigte.

50. Sternschnuppen und Meteorsteine. Von allen vermutheten kosmischen Existenzen hat keine so sehr die Aufmerksamkeit der Physiker und Astronomen neuerer Zeit beschäftiget, wie die Sternschnuppen und Meteorsteine. Daß meteorische Massen von Zeit zu Zeit und in verschiedenen Ländern vom Himmel gefallen sind, ist eine Thatsache, wofür die unzweifelhaftesten Beweise vorliegen. Man könnte im ersten Augenblicke auf den Gedanken kommen, daß, da größere und kleinere Massen durch Stürme und Wirbelwinde in die Höhe gehoben und auf große Entfernungen fortgetragen werden, wir hier mit einem ganz leicht erklärbaren Phänomen zu thun hätten. Die so angedeutete Erklärung erscheint indessen nicht zulässig, weil die Meteorsteine eine ganz eigene

Digitized by Google

Zusammensetzung haben, die bei irdischen Massen nicht vorkommt. Da übrigens die Bestandtheile sämmtlich der Erde eigen sind, und nur die Zusammensetzung von irdischen Massen abweicht, so sind Einige auf die Meinung gekommen, daß die Stoffe in die Luft erhoben werden, und durch Hülfe chemischer und electrischer Kräfte, die bekanntlich in der Atmosphäre vorhanden sind, in Verbindung treten. Gerade die Möglichkeit dieser Annahme zu leugnen, möchte bedenklich sein, so lange man bloß die Meteorsteine betrachtet. Man muß aber bei allen Erklärungen die Gesammtheit verwandter Erscheinungen zusammenfassen: und in dieser Beziehung haben wir noch auf die Sternschnuppen unser Augenmerk hier zu richten. Ganz dieselben Erscheinungen, wie die Meteorsteine — eine plötzliche Entzündung, einen langen Lichtstreifen, der die Bahn bezeichnet, und wiederum ein schnelles Verlöschen — bieten uns die Sternschnuppen dar. Um zu entscheiden, in wie ferne sonst beide Phänomene Uebereinstimmendes haben, wollen wir die Resultate der bisherigen Beobachtung etwas näher untersuchen: diese können nach Quetelet auf folgende Sätze zurückgeführt werden:

1) Man sieht die Sternschnuppen zu allen Jahreszeiten, in allen Himmelsgegenden, sie bewegen sich nach allen Richtungen; im Mittel treffen 16 solche Erscheinungen auf die Stunde. Ihre Geschwindigkeit ist von 6 bis 7 Meilen in der Sekunde, also ungefähr der Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn gleich. Ihre Höhe beträgt im Mittel 16 bis 20 Meilen; indessen gibt es einige, die nur eine Höhe von 5 — 6 Meilen haben, während andere in einer Höhe von mehr als 100 Meilen erscheinen, also weit außerhalb unserer Atmosphäre sich befinden.

2) Es gibt besondere Sternschnuppen-Erscheinungen (Sternschnuppen-Nächte), die sich von den gewöhnlichen durch mehrere Eigenthümlichkeiten auszeichnen, und zwar vorzugsweise dadurch, daß sie auf bestimmte Tage des Jahres treffen, daß die Sternschnuppen in einem bestimmten Punkte des Himmels sich entzünden, und in einer bestimmten Richtung sich bewegen. Die Sternschnuppen-Epochen fallen im Mittel auf den 12. Nov. und den 10. Aug., jedoch so, daß sie ein paar Tage früher oder später eintreffen können: die Punkte des Himmels sind γ des Löwen (am 12. Nov.) und B der Giraffe (am 10. Aug.): die Hauptrichtung ist für beide Epochen gleich und geht von N O. nach S W., also in beiden Fällen parallel mit dem Wege, den die Erde eben in ihrer Bahn beschreibt.

Dies sind die Erfahrungssätze, welche aus den bisherigen Beobachtungen gefolgert werden können. Vergleicht man sie mit den von Quetelet gegebenen Sternschnuppenverzeichnissen, so zeigt sich, daß erst vom Jahre 1799 anfangend die oben bemerkten jährlichen Epochen sich nachweisen lassen; ferner entnimmt man daraus, daß sie in der neuesten Zeit weniger regelmäßig einzutreffen pflegen, als es in den ersten drei oder vier Decennien dieses Jahrhunderts der Fall war. Was die Zahl der aufgezeichneten Sternschnuppen betrifft, so treffen in 42 Jahren

28 Sternschnuppennächte auf den Monat August,
14 " " " auf den Monat November,
21 " " " auf andere Monate.

Es folgt entschieden hieraus, daß es sich nicht um ein ganz regelmäßig wiederkehrendes Phänomen handle.

Sind die Sternschnuppen gleichbedeutend mit den Meteorsteinen, so haben wir als nothwendige Folge anzunehmen, daß sie nicht irdischen Ursprunges sind, daß sie frei, wie die Planeten, im Raume sich bewegen, daß sie end-

Digitized by Google

lich eine oder mehrere Zonen einnehmen, durch welche die Erde in ihrem jährlichen Umlaufe hindurchkommt. Freilich wäre noch nachzuweisen, daß die Sternschnuppen Meteorsteine sind, und nicht etwa electrische Entladungen, denen keine Materie zu Grunde liegt: denn merkwürdig bleibt es immer, daß selbst da, wo Sternschnuppen gleichsam in dichtem Regen sich zeigten, nie ein Körper, der zur Erde gefallen wäre, wahrgenommen worden ist. Merkwürdig ist es ferner, daß eine Menge kleiner Massen, die sehr nahe an einander sein müssen, in einer Zone so lange sich haben herumbewegen können, ohne in eine einzige Masse zusammengezogen zu werden. Endlich bedürfen wir einer eigenen Hypothese noch, um zu erklären, wie in einer Höhe, wo keine Luft sich befindet, oder wo die Luft unendlich dünn sein muß, eine Entzündung zu Stande kommen kann. Dessen ungeachtet ist die Annahme kosmischer Massen so natürlich — besonders wenn man die später entwickelte Entstehungstheorie des Planetensystems berücksichtiget*) —, daß heut zu Tage alle großen Autoritäten, A. v. Humboldt an der Spitze, zu dieser Hypothese sich bekennen. Eine ununterbrochene und systematisch fortgesetzte Beobachtung der Phänomene kann allein zu einer genügenden Entscheidung führen.

5. Stellung des Sonnensystems im Weltraume.

51. Das Sonnensystem bewegt sich im Raume vorwärts. Es ist zwar sehr wahrscheinlich, daß die verschiedenen Theile des Weltraumes ihr Eigenthümliches haben mögen, und daß von dem Bestehenden gar Manches mit diesen Eigenthümlichkeiten zusammenhänge, so z. B. nimmt Poisson die Wärme als sehr ungleich in den verschiedenen Theilen des Raumes an, und erklärt dadurch einige Wärmeverhältnisse unsers Planeten; im Allgemeinen können wir indessen hier Nichts weiter thun, als etwa Vermuthungen aussprechen, denen keine eigentliche Begründung jetzt noch gegeben werden kann.

Die einzige Thatsache, die hinsichtlich unserer Stellung im Weltraume als entschieden betrachtet werden darf, ist diese, daß wir nicht an demselben Punkte stehen bleiben, sondern von Jahr zu Jahr im Raume fortrücken. Wir werden später, wenn von dem Fixsternsystem die Rede sein wird, sehen, daß eine gesicherte Fortdauer des Universums unmöglich wäre, wenn nicht jeder einzelne Stern eine bestimmte Bahn und eine Bewegung im Raume hätte: daraus folgt, daß unsere Sonne, die ebenfalls zu den Fixsternen gehört, stetig im Raume fortschreiten muß, wobei es jedoch von vornherein nicht abzusehen ist, ob die Bewegung durch die vorhandenen astronomischen Hülfsmittel merklich oder meßbar sein wird. Die eben erwähnten Betrachtungen haben übrigens nicht die erste Veranlassung gegeben, eine Bewegung der Sonne zu vermuthen; denn noch lange, ehe die Ansichten über die Verhältnisse des Fixsternhimmels die Festigkeit gewonnen hatten, die ihnen jetzt allgemein zugestanden wird, hat man die wahrgenommenen Bewegungen der Sterne durch eine Bewegung der Sonne zu erklären gesucht. Stellen wir uns vor, daß das Sonnensystem nach einer

*) Sind wirklich kosmische Körper von der oben beschriebenen Art im Weltraume vorhanden, so wäre es der Analogie angemessen, anzunehmen, daß sie nicht bloß um die Sonne, sondern auch um die Fixsterne in größerer oder geringerer Anzahl herumgehen. Falls ihre Anzahl beträchtlich ist, so sollte man glauben, daß ihre Existenz sorgfältiger Beobachtung nicht entgehen könne, weil sie das Licht reflectiren und wenigstens einen hellen Schein hervorbringen, auch das Licht der Gestirne nach Umständen mehr oder weniger verdunkeln müßten. (Siehe §. 102 und §. 108 Nebelfleckenverzeichniß Nr. 73.)

Digitized by Google

bestimmten Gegend des Himmels sich gleichförmig fortbewegt, so werden die Erscheinungen eintreten, die bei irdischen Ortsveränderungen wohl Jeder wahrzunehmen Gelegenheit gehabt hat: die Gegenstände *vor* uns werden größer, und treten aus einander, *hinter* uns scheint sich Alles zusammenzuziehen, und *links* und *rechts* weichen die Gegenstände zurück. Als Bedingung bei diesen Erscheinungen wird erfordert, daß die Gegenstände selbst an und für sich unbeweglich seien; und diejenigen, die zuerst auf die Sonne die Anwendung machten, setzten auch solches bei den Fixsternen voraus. Es ist jetzt außer Zweifel, daß die Voraussetzung nicht begründet ist; gleichwohl läßt sich nachweisen, daß, wenn *viele* Sterne zugleich in Rechnung genommen werden, der Einfluß ihrer eigenen Bewegung im Endresultate verschwindet. Die Bahnen der Fixsterne selbst liegen in verschiedenen Ebenen, und die Bewegung für einen gegebenen Augenblick geht nach verschiedenen Richtungen. Vereiniget man also eine größere Anzahl von Sternen zu einer einzigen Gruppe, so werden die einzelnen Bewegungen darin sich aufheben, oder compensiren, und im Mittel die Gruppe als unbeweglich zu betrachten sein. Es ist dies übrigens nicht eine Sache, die schlechtweg angenommen werden darf, sondern immer genau nachgewiesen werden muß, durch Vergleichung *mehrerer* Gruppen: die eigenen Bewegungen sind als aufgehoben zu betrachten, wenn *verschiedene* Gruppen ein *übereinstimmendes* Resultat geben. Auf diesem Wege hat *Argelander* und nach ihm O. *Struve* nachgewiesen, daß unsere Sonne sich gegen das Sternbild des *Hercules**) bewege, und mit solcher Geschwindigkeit, daß die nächsten Sterne links und rechts (nach der obigen Vorstellung) um $\frac{1}{3}$ Secunde jährlich zurückweichen. Verbindet man hiemit das Resultat von *Peters*, daß die nächsten Sterne 986,000 Sonnenweiten von uns entfernt sind, so ergibt sich die jährliche Bewegung der Sonne im Raume zu $33\frac{1}{2}$ Mill. Meilen. Es ist möglich, daß die *Größe* der Bewegung durch künftige Beobachtung einige Modification erleiden kann, aber die Bewegung selbst, nach der oben bezeichneten Richtung, gehört zu den vollkommen erwiesenen Resultaten der Astronomie, und ist zugleich für die Erdbewohner vom höchsten Interesse. Wenn auch Jahrtausende vergehen werden, bis die Erde einen beträchtlich verschiedenen Standpunct im Weltraume erlangt, neue Aussichten in den Bau des Universums sich eröffnen, neue Verhältnisse menschlicher Existenz (vorzugsweise in Beziehung auf Licht und Wärme) eintreten, so kann doch ein solcher Erfolg jetzt schon mit Bestimmtheit vorausgesagt werden.

IV. Verhältnisse und Beschaffenheit der einzelnen Körper unsers Sonnensystems.

1. Die Sonne.

52. *Größe der Sonne, Kern, leuchtende Hülle.* Ein Blick auf die beigegebene Zeichnung (Fig. 28) lehrt ohne weitern Beweis, daß die *Sonne*

*) Der Punct, nach welchem die Bewegung der Sonne geht, ist zwischen π und μ des *Hercules*, und hat die gerade Aufsteigung 259° 35′, und die Abweichung 34° 34′ nördlich.

Digitized by Google

zur Beherrscherin des Planeten-Systems — wo nur ein Gesetz, die Größe und die daraus hervorgehende Anziehungskraft Geltung hat — von der Natur bestimmt ist. Die sämmtlichen Planeten mit einander haben nur den 630ten Theil des Volumens der Sonne, und nur den 775ten Theil ihrer Schwere und Anziehungskraft.

Die Anziehungskraft der Sonne reicht, mathematisch gesprochen, ins Unendliche; aber natürlich mit schneller Abnahme: ebenso ihr Licht und ihre Wärme. Einen Begriff von der Größe der Sonnenanziehung, wie von der Abnahme derselben bei zunehmender Entfernung, geben folgende Zahlen.

An der Oberfläche der Sonne fällt ein Körper 427 Fuß in der ersten Secunde. Wenn die Erde direct gegen die Sonne hinfiele, würde sie in den ersten 24 Stunden, in Folge der Anziehung der Sonne, über 5000 Meilen zurücklegen, unter ähnlichen Umständen würde Neptun nur 3 Meilen und der nächste Fixstern (α Centauri) $\frac{1}{20}$ Pariser Linie sich bewegen.

Von dem blendenden Glanze und der Wärme an der Sonnen-Oberfläche können wir uns nicht wohl einen Begriff machen. Die Abnahme in der Ferne ist übrigens so schnell, daß schon Mars nicht einmal die Hälfte der Wärme und des Lichtes hat, die der Erde zukommen: für Uranus und Neptun ist die Sonne blos mehr ein glänzender Punkt, woran ebenso wenig mit freiem Auge ein Durchmesser zu bemerken ist, als wir an der Venus oder am Jupiter wahrnehmen.

Der Durchmesser der Sonne ist 96258 Meilen; ihre Dichtigkeit etwas kleiner als die der innern Planeten, etwa wie Eichenholz, $1\frac{1}{4}$ mal schwerer als Wasser. Dabei darf jedoch nicht unbeachtet bleiben, daß die Sonne aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen besteht; einem festen Kern, wovon wir keine nähere Kenntniß erlangen können, und einer leuchtenden Hülle, die den Kern frei umgibt, etwa wie unsere Atmosphäre die Erde. Der feste Kern ist jedenfalls kleiner, als die Hülle, und je kleiner der Kern angenommen wird, desto größer erhält man die Dichtigkeit.

Die leuchtende Hülle bildet nicht etwa eine gleichmäßige Decke, sondern besteht aus einzelnen Massen, wie unsere Wolken: die Massen schließen sich nicht dicht an einander, und man sieht zu jeder Zeit und an der ganzen Oberfläche der Sonne kleine Fugen oder Zwischenräume. Bisweilen entfernen sich die Massen etwas weiter von einander und es entstehen Sonnenflecken; auch schieben sie sich über einander von Zeit zu Zeit und bilden Sonnenfackeln. Letztere werden nur am Rande deutlich bemerkt und haben das Ansehen von ausgedehnten Bergrücken: kommen sie durch die Rotation gegen die Mitte der Sonne hin, so treten sie nicht mehr deutlich hervor, was die Ansicht unterstützt, daß sie in der Wirklichkeit bergartige Erhöhungen sind. Die verschiedenen Wahrnehmungen lassen sich am leichtesten erklären, wenn man annimmt, daß die Sonne von zwei Schichten Lichtgewölke umgeben ist, von einer äußern, sehr glänzenden Schichte, die wir gewöhnlich sehen, und einer innern Schichte, die weniger Licht gibt. Der Kern ist nicht selbstleuchtend und zeigt sich uns im Vergleich zu der Atmosphäre als vollkommen dunkel. Der Kern liegt etwa 400 Meilen tiefer als das äußerste Lichtgewölke.

Aus der Bewegung der Flecken (die jedoch wegen der beständig darin vorgehenden Aenderungen keine ganz sicheren Resultate gewähren) hat man geschlossen, daß die Sonne scheinbar sich um ihre Axe in etwas mehr als 27 Tagen drehe, was eine Umdrehungszeit von nahe 25 Tagen gibt, wenn wir die Bewegung der Erde abrechnen. Die Axe ist nur wenig gegen die Erdbahn geneigt ($7\frac{1}{4}$ Grad). Die Sonne ist nicht merklich elliptisch, ohne Zweifel in Folge ihrer langsamen

Digitized by Google

Drehung. Einige haben angenommen, daß der Schwerpunkt der Sonne, (auf den sich natürlich alle Planetenbewegung zu beziehen hätte), nicht mit dem Mittelpunkte der Figur zusammenfalle; dadurch sollte die Thatsache erklärt werden, daß der Ort des Aequators, wie er aus dem Sommer- und Wintersolstitium folgt, nicht ganz mit der Bestimmung, welche die Polarsternbeobachtungen geben, sich vereinigen läßt. Hierüber müssen spätere Beobachtungen entscheiden.

53. Sonnenflecken. Wir haben oben erwähnt, daß zwei Schichten von Lichtgewölk, eine äußere, sehr glänzende und eine innere, minder helle, den Sonnenkörper umgeben. Trennt sich an irgend einer Stelle die äußere Schichte, so sehen wir einen matten Flecken, was man einen Hof zu nennen pflegt (z. B. a Fig. 28). Gewöhnlich aber trennt sich die äussere und innere Schichte zugleich, und zwar die äussere etwas weiter, als die innere, dann sieht man bis auf den Sonnenkern hinein, der, wie oben gesagt, ganz dunkel scheint: dies sind die Kernflecken, z. B. in der eben erwähnten Fig. bei b. Kommt ein solcher Flecken am östlichen Rande herein, so sehen wir ihn in der Form A mit einem Hofe nur an der folgenden Seite; rückt er gegen die Mitte der Sonne vor, so nimmt er die Gestalt B an, und der Hof wird ringsum gesehen. Am westlichen Rande bei C ist die Gestalt wieder wie am östlichen, nur mit dem Unterschiede, daß der Hof an der vorangehenden Seite gesehen wird.

Die Sonnenflecken haben eine durchgängige Aehnlichkeit mit den Oeffnungen, die bei uns bisweilen in einer dicken Wolkendecke sich zeigen: sie ändern ihren Ort und ihre Gestalt. Es ist daraus zu schließen, daß Kräfte und Bedingungen, zufällig in ihrer Entstehung, aber mächtig in ihren Wirkungen, gerade so wie es in unserer Atmosphäre der Fall ist, an der Sonnenoberfläche bestehen müssen. Die Sonne hat auch ihre Stürme; denn ein Vorgang, wodurch in Zeit von wenigen Tagen eine Strecke von 10000 Meilen Durchmesser von Lichtgewölk entblößt wird (wie man es bisweilen an der Sonnenoberfläche beobachtet hat), verdient sicherlich als Sturm bezeichnet zu werden, und übertrifft weit an Heftigkeit und Großartigkeit alle ähnlichen Vorgänge, welche an der Erdoberfläche sich zeigen. Wir können noch beifügen, was übrigens aus dem Gesagten unmittelbar zu folgern ist, daß die Größe und Form, das Entstehen und Vergehen der Sonnenflecken keiner Regel unterliegt; doch gibt es einzelne Grenzbestimmungen. So wird die größte Ausdehnung eines einzelnen Sonnenflecken kaum mehr als 12000 Meilen betragen: Gruppen von Sonnenflecken können über einen Strich von 60000 Meilen sich erstrecken. Die Dauer ist sehr verschieden, von wenigen Tagen bis über einen Monat. Die merkwürdigste Gränzbestimmung bezieht sich auf den Theil der Oberfläche, in welchem die Sonnenflecken entstehen: sie zeigen sich nämlich in der Regel nur in zwei Zonen, nördlich und südlich vom Aequator (wie in der Zeichnung Fig. 28 angedeutet ist): äußerst selten kommt am Aequator selbst ein Flecken zum Vorscheine, in den Polargegenden niemals. Gewöhnlich gehen sie nicht über 35° nördlicher und südlicher Breite hinaus. Hier zeigt sich eine auffallende Abweichung von der sonst vorhandenen Analogie mit den Verhältnissen der Erde, denn obwohl bei uns einzelne heftige Stürme in der heißen Zone entstehen, so sind die häufigsten und größten atmosphärischen Wallungen und Bedeckungen außerhalb der heißen Zone in Norden und Süden zu treffen.

54. Perioden der Sonnenflecken, Einfluß auf die Witterung. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß eine systematisch fortgesetzte Beobachtung der Sonnenflecken auf mancherlei gesetzmäßige Verhältnisse, wenigstens in den Mittelwerthen, führen wird: bisher ist aber diesem Gegenstande nur wenig Aufmerksamkeit gewidmet worden. Zu den Verhältnissen, wo Gesetzmäßigkeit zu

Digitized by Google

vermuthen ist, gehört zuvorderst die Häufigkeit des Erscheinens der Sonnenflecken: so waren sie

im Jahre 1611 sehr häufig,
" " 1650—1670 sehr selten,
" " 1676—1684 ebenfalls sehr selten,
" " 1700—1710 sehr zahlreich,
" " 1711—1712 keine,
" " 1716—1720 sehr zahlreich.

Ein allmäliges Zu- und Abnehmen der Häufigkeit bestätigen folgende neuern Beobachtungen von Schwabe.

Jahr.	Zahl der Beobachtungs-Tage.	Zahl der Tage, wo die Sonne fleckenfrei war.	Zahl sämmtl. Fleckengruppen des Jahrs.
1826	277	22	118
1827	273	2	161
1828	282	—	225
1829	244	—	199
1830	217	1	190
1831	239	3	149
1832	270	49	84
1833	267	139	33
1834	273	120	51
1835	244	18	173
1836	200	—	272
1837	168	—	333
1838	202	—	282
1839	205	—	162
1840	263	3	152
1841	283	15	102
1842	307	64	68
1843	324	149	34
1844	320	111	52
1845	332	29	114
1846	314	1	157
1847	276	0	257

Den Sonnenflecken haben Einige auch Einfluß auf unsere Witterung zugeschrieben, ohne jedoch die nöthige Begründung beizubringen. Man muß nämlich bei Untersuchungen dieser Art niemals vergessen, daß, wenn ein ferner Himmelskörper den Gang der Witterung bedingt, der Einfluß nicht etwa in der einen oder andern Stadt, sondern auf der Erdoberfläche überhaupt sich äußern wird, und daß man mithin ein Mittel aus den Beobachtungen aller Welttheile nehmen muß. So weit jetzt hiezu die Materialien vorliegen, kann in Zweifel gezogen werden, ob die Witterungsverhältnisse der ganzen Erdoberfläche wirklich in den verschiedenen Jahren merkbar von einander abweichen, und ob nicht die Verschiedenheit der einzelnen Jahre blos auf den einen oder andern Landstrich sich beschränkt, in der Weise, daß wenn es in einer Gegend ungewöhnlich kalt und trübe ist, in einer andern Gegend ungewöhnliche Hitze und Heiterkeit sich zeigt, und somit im Ganzen eine völlige Ausgleichung stattfindet.

55. Ungleiche Erwärmungs- und Leuchtkraft der Sonnenoberfläche. Merkwürdig ist das Ergebniß neuerer Forschung, daß die Erwärmungskraft an der ganzen Sonnenoberfläche nicht gleich groß ist, weßhalb

Digitized by Google

die Temperatur, wie wir sie an der Oberfläche der Erde beobachten, eine Periode hat, die mit der Umlaufszeit der Sonne zusammenfällt. Nervander in Helsingfors und Buys-Ballot in Utrecht haben durch unabhängige Forschung und mit Zugrundelegung verschiedener Beobachtungen den eben ausgesprochenen Erfolg erkannt, obwohl sonst wesentliche Abweichungen in den erhaltenen Resultaten sich zeigen.

Die Angabe von Airy, wornach die Mitte der Sonne immer entschieden mehr Licht gäbe, als der Rand, findet sich durch die Wahrnehmungen von Herschel und Andern vollkommen bestätiget. Der Unterschied in der Helligkeit stellt sich, wie jeder sich leicht überzeugen kann, besonders augenscheinlich heraus, wenn man das Bild der Sonne hinter dem Ocular eines Fernrohres auf einen weißen Papierbogen entstehen läßt; auch wird man an einem solchen Bilde bemerken, daß gegen den Rand hin eine röthliche Färbung sich zeigt, analog mit unserm Abendroth. Messungen besitzen wir noch nicht, denn sonderbarer Weise hat diese merkwürdige Eigenthümlichkeit der Sonne bisher fast keine Beachtung gefunden.

Um die abnehmende Helligkeit gegen den Rand zu erklären, nimmt man an, daß die Sonne eine Atmosphäre habe, die, wie es bei unserer Atmosphäre der Fall ist, das durchgehende Licht schwächt. Gegen den Rand ist die zu durchdringende Schichte dicker, und folglich auch die Schwächung beträchtlicher, als in der Mitte. (Vergl. §. 136).

56. Vermuthung über Veränderlichkeit der Größe und Kraft der Sonne. Die Sonne sendet unaufhörlich Licht und Wärme, und zwar in einer Menge aus, die nach irdischen Begriffen unmeßbar zu nennen ist. Will man Licht und Wärme als einen Ausfluß der Sonne betrachten, und die Verhältnisse nach dem, was wir auf der Erde wahrnehmen, beurtheilen, so wäre jetzt, nachdem viele Jahrtausende der Weltexistenz vorübergegangen sind, ein doppelter Erfolg zu erwarten: es sollte nämlich das Ausgeflossene irgendwo sich anhäufen, und die Sonne selbst sollte beständig verlieren. Von einer Anhäufung hat die bisherige Beobachtung keine Spur gezeigt, nicht einmal bei der Wärme da, wo eine Anhäufung sehr leicht denkbar wäre. So ist es entschieden, daß von der sehr bedeutenden Wärmemenge, welche die Erde jährlich von der Sonne empfängt, zuletzt nichts übrig bleibt: was in dem Sommerhalbjahr gewonnen wird, strahlt während des Winterhalbjahres in den Weltraum wieder hinaus. Höchst wahrscheinlich gewinnen die übrigen Planeten ebenso wenig, wie die Erde. Auf der andern Seite ist es entschieden, daß die Sonne an Größe und Anziehungskraft sich stets gleich bleibt.

Man wird zwar die Vorstellung von einem Ausflusse nicht gelten lassen, und ich habe keineswegs die Absicht, dem Lichte und der Wärme etwas Materielles — ein Substrat — unterzulegen; aber wenn man auch eine Fortpflanzung durch Wellen annimmt, so ist damit die Schwierigkeit nicht aufgeklärt. Die Erregung der Wellen erfordert nämlich eine Kraft, und eine Kraft, die solche Wirkung hervorzubringen im Stande wäre und kein Material verbrauchte, kennen wir nicht. Den sonst in dem Weltgebäude vorkommenden Gesetzen analog könnte man annehmen, daß das, was von der Sonne ausgeht, unter anderer Form wieder zurückkehrt, wie die Pflanze, die vom Boden sich erhebt, zuletzt in Staub zerfällt, um zur Bildung neuer Pflanzen den Stoff zu liefern: die Nachweisung eines ähnlichen Vorganges können wir aber bezüglich auf das Licht und die Wärme nicht geben.

Ich habe oben gesagt, daß die Sonne an Größe nicht abnimmt, muß

Digitized by Google

jedoch beifügen, daß dennoch Zweifel in dieser Hinsicht entstanden sind. Bradley's Beobachtungen geben nämlich den Sonnenhalbmesser:

in den Jahren	1765—1776 . . .	961,66
" "	1776—1787 . . .	960,22
" "	1787—1798 . . .	959,77

Die einzelnen Bestimmungen können bei der großen Zahl der Beobachtungen (im Ganzen nicht weniger als 4000) für ganz sicher angenommen werden, und die allmälige Abnahme drückt sich sehr deutlich aus; indessen hat schon v. Lindenau, als er die obige Berechnung vornahm, die richtige Erklärung darin gefunden, daß das Auge des Astronomen mit dem zunehmenden Alter immer weniger für das Licht empfindlich geworden ist. Neuere Erfahrungen anderer Beobachter stimmen hiemit vollkommen überein. Ich möchte übrigens nicht geradezu behaupten, daß der Sonnendurchmesser sich wirklich stets gleich bleibe, denn leicht könnte es der Fall sein, daß das Lichtgewölk, welches die Sonne umgibt (wenn anders die angenommene Aehnlichkeit mit unsern Wolken wirklich besteht) bald höher, bald tiefer schwebt, wodurch eine vorübergehende Aenderung der scheinbaren Sonnengröße entstehen würde.

Die geologische Untersuchung der Erde hat erwiesen, daß in vorgeschichtlichen Zeiten eine Wärme an der Oberfläche bestanden haben muß, wie sie gegenwärtig nicht mehr vorhanden ist. Poisson erklärt diese Thatsache dadurch, daß er in den verschiedenen Theilen des Weltraumes eine verschiedene Temperatur bestehen läßt und sich vorstellt, das Sonnensystem sei aus einem wärmern Theile herübergekommen: Herschel hält es dagegen für angemessener, anzunehmen, daß unsere Sonne zu den veränderlichen Fixsternen gehöre, und früher mehr Licht und Wärme den Planeten mitgetheilt habe, als sie jetzt erhalten. Er führt dabei das Beispiel von η Argus an. Welcher von den beiden Hypothesen die größere Wahrscheinlichkeit zukomme, ist bei dem gänzlichen Mangel an entsprechenden Anhaltspunkten nicht leicht zu entscheiden.

2. Mercur.

57. Verhältnisse und Beschaffenheit des Mercur. Mercur ist der kleinste unter den Hauptplaneten: er hat nur 671 Meilen im Durchmesser, aber eine große Dichtigkeit, denn er ist neunmal dichter, als Wasser, oder annäherungsweise dem Kupfer gleich. Wie schnell er um seine Axe sich drehe, haben die Astronomen noch nicht ganz sicher zu ermitteln vermocht, wahrscheinlich wird er nahe an 24 Stunden zu einer Umdrehung brauchen, wie es bei unserer Erde der Fall ist. Seine Bahn weicht unter allen Planetenbahnen am meisten vom Kreise ab: er ist deßhalb in einem Theile seiner Bahn der Sonne viel näher, als im andern, und erhält hiernach von der Sonne Licht und Wärme in ungleichem Maaße, nämlich 11mal mehr als die Erde, wenn er der Sonne am nächsten ist, und 5mal mehr, wenn er am weitesten von der Sonne sich entfernt. Seine Stellung — immer in der nahen Umgebung der Sonne — ist für astronomische Untersuchung sehr hinderlich, und wenn gleich die vorhandenen Beobachtungen anzudeuten scheinen, daß beträchtliche Ungleichheiten an seiner Oberfläche vorkommen, so läßt sich darüber eine sichere Bestimmung nicht wohl erwarten.

Digitized by Google

3. Venus.

58. Verhältnisse und Beschaffenheit der Venus. Obgleich unter den Planeten Venus uns am nächsten kommt und einer vortheilhaften Beobachtung ähnliche Hindernisse wie bei Mercur nicht entgegenstehen, so ist es doch noch nicht gelungen, über die Beschaffenheit ihrer Oberfläche etwas Näheres zu ermitteln. Es scheint, daß die Oberfläche entweder sehr gleichförmig an und für sich, oder mit einer sehr gleichförmigen Dunsthülle überzogen sein muß. Nur in südlichen Gegenden, wo eine durchsichtigere Atmosphäre die Beobachtung begünstiget, hat man einzelne, freilich sehr schwache Flecken bemerkt, aus deren Bewegung man auf eine 24stündige Achsenumdrehung geschlossen hat.

Cassini vor nahe zwei Jahrhunderten und in neuester Zeit der römische Astronom De Vico haben nahe dasselbe Resultat erhalten. Unterdessen ist von Andern (wohl mit gleich guten Hülfsmitteln) eine verschiedene Bestimmung gefunden worden, namentlich wurde von Bianchini und Flaugergues die Rotationszeit zu etwas mehr als 24 Tagen festgesetzt. Eine lebhafte Discussion der vorhandenen Beobachtungen hat vor einigen Jahren stattgefunden, wobei sehr entgegengesetzte Meinungen hervorgetreten sind. Gegenwärtig sieht man ziemlich allgemein das Problem als durch De Vico entschieden an: jedenfalls ist aber die Entscheidung nicht von der Art, daß nicht ferner Bestätigung wünschenswerth erschiene. Ich selbst habe im Jahre 1836 bei sehr günstiger Stellung der Venus mir viele Mühe gegeben, mit dem größten damals vorhandenen Refractor etwaige Ungleichheiten an der Oberfläche dieses Planeten zu erkennen, aber ohne Erfolg. Es bot sich stets das Ansehen einer vollkommenen glatten Kugeloberfläche dar.

Eine merkliche Abplattung ist an der Venus noch nicht wahrgenommen worden.

Die Venus hat 1710 Meilen im Durchmesser und kommt also der Erde an Größe nahe gleich. Die Dichtigkeit ist etwas größer als bei der Erde und nähert sich dem Zink (5¾mal schwerer als Wasser).

Um die Zeit des Neumondes zeigt sich bekanntlich auch die von der Sonne abgewendete Seite des Mondes schwach erleuchtet, so daß man die ganze Scheibe sehr wohl wahrnehmen kann (§. 66). Ganz dasselbe ist an der Venus unter ähnlicher Sonnenbeleuchtung bereits ein paar Mal beobachtet worden. Die Erklärung bietet jedenfalls große Schwierigkeit dar; denn das Erdenlicht, welches in dem eben erwähnten Falle die Schattenseite des Mondes sehr schwach erhellt, wird ungefähr 1700mal schwächer, bis es zur Venus gelangt, und kann mithin keine wahrnehmbare Beleuchtung hervorbringen, auch wenn man annehmen wollte, daß die Venusoberfläche das ganze erhaltene Licht zurückwerfe. Die allgemeinere Ansicht ist, daß die Erscheinung einer Phosphorescenz der Venusoberfläche zuzuschreiben sei: Einige nehmen sogar eigenes Licht, eine leuchtende Hülle, wie die Sonne hat, nur von geringerer Intensität, an. Eine Entscheidung kann jedoch auf die vorliegenden Beobachtungen nicht begründet werden, und es ist zu wünschen, daß bei vorkommender Gelegenheit die Beobachter, die mit entsprechenden Hülfsmitteln versehen sind, diesem Gegenstande ihre volle Aufmerksamkeit zuwenden möchten.

Digitized by Google

4. Die Erde.

59. Form und Verhältnisse der Erde. Die Erde (die wir hier astronomisch, nicht geographisch betrachten) hat 1719 Meilen im Durchmesser am Aequator: an den Polen ist der Durchmesser nahe um 6 Meilen (genauer $5\frac{3}{4}$ Meilen) kürzer, oder mit andern Worten, die Erde ist eine an den Polen abgeplattete Kugel, ein Sphäroid mit einer Abplattung von $\frac{1}{300}$. Die Rotationszeit ist 23 St. 56′ 4″ mittlere Sonnenzeit, oder 24 St. Sternzeit.

Um die Anziehung, welche die Erde auf einen an ihrer Oberfläche befindlichen Körper ausübt, zu ermitteln, muß man sie als bestehend aus zwei Theilen einer Kugel und einer Aequatorialschichte betrachten: auch muß die Schwungkraft in Rechnung gebracht werden. Das Resultat haben wir bereits oben (§. 9) angeführt.

Die Erdaxe macht gegenwärtig einen Winkel von $66\frac{1}{2}$ Grad mit der Ecliptik, und ist gegen den Hauptstern des kleinen Bären gerichtet. Sie sollte nach dem (§. 5) angeführten Gesetze beständig im Raume sich parallel bleiben, und würde auch sich parallel bleiben, wenn die Erde eine Kugel wäre; auch hätte dann noch die Abweichung von der Kugelgestalt keinen Einfluß, wenn die Sonnen- und Mondbahnen mit dem Aequator zusammenfielen. Dieß ist indessen nicht der Fall, denn die Sonnenbahn macht einen Winkel von $23\frac{1}{2}$ Grad mit dem Aequator, und die Bahn des Mondes ist noch 5 Grade gegen die Sonnenbahn geneigt; so tritt dann der Erfolg ein, den wir in §. 9 und 17 erklärt haben, und welcher darin besteht, daß die Durchschnittslinie des Aequators mit der Sonnen- und Mondbahn beständig zurückweicht, während die Neigung blos periodischen Aenderungen unterliegt. In Folge dieses Zurückweichens beschreibt die Erdaxe, die jetzt, wie oben bemerkt, gegen den Hauptstern des kleinen Bären gerichtet ist, um den Pol der Ecliptik einen Kreis von nahe $23\frac{1}{2}$ Grad Halbmesser am Himmel (durch die Sternbilder des Cepheus, des Schwanes, der Leier und des Drachen), und kommt ungefähr nach 25600 Jahren auf den kleinen Bären wieder hin.

Diese Aenderung der Erdaxe übt auf die Dauer der Jahreszeiten eben so wenig, wie auf die Erleuchtung und Erwärmung der Erde durch die Sonne Einfluß aus, wohl aber die Säcularänderungen der Erdbahn selbst, welche nach §. 17 in einem langsamen Schwanken der Bahnebene, in einer Zu- und Abnahme der Excentricität, und in einer Drehung der Bahn in ihrer Ebene um die Sonne bestehen. Gegenwärtig wird die Erdbahn durch den Gesammteinfluß der Planetenanziehung dem Aequator beständig näher gebracht, und so geschieht es, daß bei uns die Sonne im Sommer weniger hoch sich erhebt, und im Winter nicht so weit gegen Süden sich entfernt; jedoch ist der Unterschied von einem Jahre zum andern völlig unmerklich, und wächst erst nach Jahrtausenden zu einem wahrnehmbaren Betrage heran. Der Betrag bleibt übrigens, wie die Aenderung der Erdbahnebene, innerhalb bestimmter Grenzen eingeschlossen, und so wie der Winkel zwischen Aequator und Ecliptik niemals unter 21^0 und nie über 27^0 kommt, so kann die Verminderung der Sommerwärme und der Winterkälte in den gemäßigten Zonen nie über einen Grad R. hinausgehen. Es versteht sich von selbst, daß im Mittel die Jahreswärme immerhin sich gleich bleibt.

Ein ähnlicher, aber für unsere Messungsmittel wohl immerhin unmerklicher

Digitized by Google

Erfolg geht aus der Aenderung der Excentricität hervor. Die allmälige Drehung der Erdbahn, wodurch die Sonnennähe, die jetzt auf die Mitte des Winters fällt, nach 10000 Jahren auf die Mitte Sommers treffen wird, hat ebenfalls einigen Einfluß, jedoch mehr auf die Länge, als auf die Temperatur der beiden Jahreshälften.

60. Bestandtheile der Erde: der Kern. Im Ganzen unterscheiden wir an der Erde drei Theile: den festen Kern, das Wasser, welches einen großen Theil der Oberfläche bedeckt, und die Luft, die gleichsam eine Kugelschale um die Erde bildet. Den Haupttheil der Erde macht ein, aller Wahrscheinlichkeit nach fester, massiver Kern aus. Die Dichtigkeit ist größer im Innern, als an der Oberfläche; ein Ergebniß, welches auf eine eigenthümliche Weise aus der Gestalt der Erde geschlossen werden kann. Es ist begreiflich, daß, wenn man eine flüssige Kugel dreht, der Aequator um so höher anschwellen wird, je schneller die Drehung ist: beide Größen, die Erhebung des Aequators und die Schnelligkeit der Rotation, werden zu einander in einem bestimmten Verhältnisse stehen. Die weitere mathematische Entwickelung des Problems zeigt, daß bei der Umdrehung von 23° 56′ 4″ (wie sie der Erde zukommt) die Axen des Aequators und des Poles sich verhalten sollen, wie 231 : 230, d. h. es sollte die Erhebung am Aequator $3\frac{3}{4}$ Meilen betragen. Man denke sich nun die Erde in flüssigem Zustande, bestehend aus einer Kugel und einer Aequatorialschichte von der erwähnten Stärke, und lege in die Mitte eine feste Masse von sehr großer Anziehungskraft, so wird die Kugel keine Aenderung dadurch erleiden, aber die Aequatorialschichte wird mehr als zuvor angezogen werden, und folglich einen größern Druck auf die flüssige Unterlage üben, sie wird tiefer sinken. Das Sphäroid wird also eine geringere Abplattung erhalten. Man kann hiernach im Allgemeinen sagen, daß, wenn die Dichtigkeit (also auch die Anziehung) gegen die Mitte größer ist, die Erhöhung des Aequators kleiner sein muß, als wenn die Masse gleichförmig wäre. Nach der oben (§. 59) angeführten Bestimmung beträgt die wirkliche Erhöhung des Aequators nur $2\frac{6}{7}$ Meilen, sie ist mithin nahe um $\frac{1}{4}$ geringer als sie sein sollte: und es unterliegt also keinem Zweifel, daß gegen die Mitte zu die Erde weit dichter sein muß, als an der Oberfläche.

Die äußere Kruste des Erdkerns besteht aus verschiedenen Substanzen, unter welchen Granit, Kalk, Kiesel, Porphyr, Thon die häufigsten sind; ihre Dichtigkeit ist zwischen der zweifachen und dreifachen des Wassers eingeschlossen, und nähert sich im Mittel der Grenze $2\frac{3}{4}$. Aus den Untersuchungen von Bailey, die wir später (§. 208) erklären werden, ergibt sich, daß die Erde, Kruste und Kern zusammengenommen, im Mittel $5\frac{2}{3}$ mal schwerer ist, als das Wasser. Das Verhältniß der Dichtigkeit stimmt also mit der Abplattung im Allgemeinen überein, und führt uns ferner zu dem Schlusse, daß gegen den Mittelpunkt der Erde hin blos reguliniſches Metall zu finden sein wird, wenn es nicht andere uns unbekannte Substanzen gibt, die sehr große specifische Schwere haben. Außer der zunehmenden Dichtigkeit ist uns noch eine Thatsache vom Inneren der Erde bekannt: es findet sich, von der Oberfläche anfangend, eine Zunahme der Wärme statt, und zwar im Mittel von 1° R. auf ungefähr 100 Pariser Fuß. Einige haben angenommen, daß diese Zunahme bis zum Mittelpunkte der Erde gleichmäßig fortschreite und daß daselbst eine Hitze sich befinde, die alle Körper in geschmolzenem oder wohl gar in verflüchtigtem Zustande zu erhalten fähig sei; Andere dagegen glauben, daß nur in der Kruste dieses Wärmeverhältniß angetroffen werde, und weiter unten eine mäßige Temperatur sich vorfinde. Das einzige Mittel, darüber Gewißheit zu erlangen,

Digitized by Google

würde darin bestehen, in das Innere der Erde einzudringen, und es hat auch nicht an Männern gefehlt, die mit dieser abenteuerlichen Idee sich befaßten. Es haben indessen, wie man sich leicht vorstellen kann, alle hierauf bezüglichen Projecte von dem Loche, welches Maupertuis, dem satyrischen Berichte Voltaires zufolge, im Hofe der Berliner Academie zur Mitte der Erde zu graben angefangen hat, bis zu dem neuesten Vorschlage eines wegen seiner lebhaften Phantasie bekannten astronomischen Schriftstellers unserer Tage gleiches Schicksal gehabt, und somit fällt für diejenigen, welche blos nach Thatsachen eine Entscheidung aussprechen, jede fernere Discussion über die Temperatur des Erdcentrums weg.

61. Das Meer. Das Meer bedeckt $^2/_3$ der Erdoberfläche und ist von 120 bis 12000 Fuß tief: es wird also kaum den 33000sten Theil des ganzen Volumens der Erde ausmachen.*) Dieses Verhältniß ist nicht ohne Bedeutung, denn wäre das Meer eine große Masse, so würde es bei seiner Beweglichkeit leicht das Gleichgewicht der Erde zu stören im Stande sein.

Es ist eine merkwürdige Thatsache, daß das Meer sich gegen die Pole zurückgezogen hat. Vielleicht möchte dieß mit der ursprünglichen Bildung der Erde in Zusammenhang zu bringen und dahin zu deuten sein, daß die Erhöhung des Aequators, so lange die Erdmasse flüssig war, diejenige Größe hatte, welche die Theorie für diesen Fall bestimmt (nämlich 230 : 231 nach dem vorigen §). Als aber die festen Theile sich nach und nach gegen den Mittelpunkt hinabsenkten, und eine größere Dichtigkeit in der Mitte entstand, mußte die Figur sich ändern, was dadurch geschah, daß das Wasser vom Aequator gegen die Pole abfloß.

Das Meer bietet uns eines der merkwürdigsten Erscheinungen der allgemeinen Gravitation dar: die Ebbe und Fluth. Bestünde die Erde blos aus fest zusammenhängenden Theilen, so hätte man nur die Bewegung des Mittelpunkts zu berücksichtigen; die übrigen Punkte müßten ihm folgen. Die flüssige Oberfläche muß aber nicht dem Mittelpunkte folgen, sondern sie folgt der jedesmaligen Anziehung: und so oft die Wassermasse, welche die Erde umschließt, mehr oder weniger angezogen wird, als der Mittelpunkt der Erde, so entsteht in jener Wassermasse eine entsprechende Bewegung. Dieser Fall tritt vorzugsweise bei der Anziehung des Mondes ein. Ist der Mond in A (Fig. 29) und stellt B D die Erde vor, so wird der zunächst gelegene Punkt B mehr, der entferntere Punkt D weniger angezogen, als der Mittelpunkt. Der Unterschied ist nicht unbeträchtlich und beläuft sich im Mittel auf $^1/_{90}$ der ganzen Anziehung des Mondes. Auf der dem Monde zugekehrten Seite bewegt sich das Wasser schneller gegen den Mond, als der feste Erdkern, fließt also von allen Richtungen gegen B hin und es entsteht da eine Erhöhung des Meeres. Auf der andern Seite bei D bewegt sich der Erdkern schneller gegen den Mond, als das Wasser; das Wasser bleibt also zurück und bildet wieder bei D eine Erhöhung, die nahe eben so groß ist, als bei B. Durch das Zusammenfließen des Meerwassers gegen B und D entsteht eine Verminderung des Wasserstandes — eine Ebbe — auf der zwischenliegenden Zone E F. Die Anziehung des Mondes ist im Stande, auf solche Weise eine Erhebung des Wassers von $2^1/_2$ Fuß zu Stande zu bringen. Dieß gilt jedoch nur für die mittlere Entfernung des Mondes, denn, da der

*) Es ist übrigens nicht entschieden, ob nicht eine sehr beträchtliche Wassermenge unter der Erde in hohlen Räumen sich befinde. Ueberall trifft man Wasser, wenn man tief genug gräbt.

Digitized by Google

Mond (vermöge der elliptischen Gestalt seiner Bahn) bisweilen näher, bisweilen entfernter steht, so wird auch die Wirkung nicht immer denselben Betrag erlangen.

Auch die Sonne bringt eine ähnliche Wirkung hervor, nur in geringerm Grade: der Sonneneinfluß vermag das Wasser ungefähr um 1 Fuß zu erheben.

Begreiflicher Weise ist für einen gegebenen Ort auf der Erdoberfläche die Mondanziehung größer, wenn der Mond dem Orte gegenüber steht (d. h. im Meridian ist), als wenn er sich östlich oder westlich befindet. Gleiches gilt von der Sonne, sie übt während des Meridiandurchganges ihren größten Einfluß aus. Die Anziehung gibt indessen eigentlich nur den *Anstoß* zur Bewegung des Wassers. Die Bewegung braucht aber *Zeit*, und so geschieht es, daß die größte Erhebung des Wassers erst zu Stande kommt, wenn die größte Wirkung schon vorüber ist. In der That treffen die Sonnen- sowohl, als die Mondfluthen erst zwei Stunden nach dem Meridiandurchgange dieser Gestirne ein. Eine Ebbe und Fluth ist übrigens nur möglich bei dem Weltmeer, wo das Wasser von allen Theilen der Erde auf *einen* Punkt herbeifließen kann: in einem abgesonderten Binnenmeere kann keine Wassererhebung statt finden.

Die bisherigen Erklärungen geben eigentlich *blos* eine Andeutung von dem, was geschehen würde, wenn die Erde gleichmäßig mit Wasser überzogen wäre, und die Wassertheilchen in ihrer Bewegung keinen Widerstand fänden. Bei den wirklich bestehenden Verhältnissen ist die Größe der Wasseranschwellung sehr verschieden, und wird ebenso wohl wie die Zeit des Eintreffens von der Gestalt der Continente und Inseln, von der Tiefe der Meere u. s. w. auf die mannigfaltigste Weise modificirt. So finden wir alle Größen der Ebbe und Fluth von 1 bis 30 Fuß, und Verspätungen bis auf einen halben Tag. Jedoch sind an *demselben* Orte die Localeinwirkungen sehr constant, und für die meisten wichtigern Seehäfen besitzt man Tafeln, nach welchen für jeden beliebigen Augenblick die Wasserhöhe, bis auf ein paar Zolle, richtig berechnet werden kann.

62. *Die Atmosphäre.* Die Atmosphäre bildet einen Gegenstand astronomischer Untersuchung, theils in so ferne sie die Fortpflanzung des Lichts modificirt, theils auch in so ferne ihre Form durch Anziehung der Sonne und des Mondes eine Aenderung erleidet. Alles Licht, was von den Himmelskörpern zu uns gelangt, muß erst durch die Atmosphäre gehen, und erleidet dabei zweierlei Modificationen; es wird nämlich *geschwächt* und *in seiner Richtung verändert*.

Jeder, der ein südliches Klima gesehen hat, weiß, daß daselbst die Sterne größern Glanz zeigen, als bei uns, und daß sie in größerer Menge sichtbar sind. Aber auch in südlichen Ländern wird noch das Licht um den vierten Theil vermindert, wenn es senkrecht von oben herabkommt, und in immer zunehmendem Verhältnisse, je schiefer es einfällt. Man kann daraus eine Vorstellung sich machen von der Pracht, die der Himmel darbieten würde, wenn wir über den Luftkreis uns erheben könnten.

Ein unübersteigbares Hinderniß in der Untersuchung des Himmels bietet übrigens der Lichtverlust, welcher in der Atmosphäre stattfindet, nicht dar: denn was uns auf solche Weise entgeht, ersetzen die Fernröhre wieder (§. 29): allein einen andern Uebelstand hat die Atmosphäre, den wir *nicht* beseitigen können, sie ist nämlich in steter Bewegung, und *verwirrt* das durchgehende Licht so, daß wir kein deutliches Bild der Gestirne erhalten. In einem ruhigen Wasser sieht man die Gegenstände, die am Boden sind, vollkommen gut: die geringste Bewegung aber stört das deutliche Sehen, und entstellt insbesondere die Grenzlinien der Bilder. Ganz analog ist die Wirkung atmosphärischer Unruhe.

Digitized by Google

Fernröhre helfen diesem Uebelstande nicht ab, sie vergrößern vielmehr die Ungleichheit der Luft in demselben Maße, als sie die Gegenstände vergrößern. Hier ist also astronomischer Untersuchung eine Grenze gesetzt, die niemals überschritten werden kann, und die Aussicht, mit bessern Fernröhren auch in stetigem Fortschreiten die Verhältnisse der Himmelskörper genauer erforschen zu können, ist auf immer abgeschnitten.

Auf astronomische Beobachtung übt die Atmosphäre ferner noch dadurch einen wichtigen Einfluß aus, daß sie das Licht der Gestirne nicht in gerader Linie durchgehen läßt. Befindet sich ein Stern in S (Fig. 30), so kommt sein Licht nach B, beschreibt dann eine krumme Linie durch die Atmosphäre von B bis A, und wird gesehen natürlich in der Richtung, von welcher der Strahl *zuletzt* ins Auge kam, nämlich in der Richtung A S'. Der Stern wird also *höher* gesehen, als er wirklich ist. Diese Erhöhung bezeichnet man mit dem Namen Strahlenbrechung oder Refraction, von deren Betrag folgende Tabelle einen Begriff gibt.

Höhen über dem Horizont	Refraction
0°	36',1
10	5,2
20	2,6
30	1,6
40	1,1
50	0,8
Zenit	0,0

Am Horizont ist die Wirkung am stärksten, und macht z. B., daß die *Sonne*, wenn sie gerade untergeht, um ihren ganzen Durchmesser höher zu stehen scheint, als sie wirklich ist. Je höher ein Gestirn über den Horizont sich erhebt, desto weniger Einfluß hat die Strahlenbrechung, und am Scheitelpunkt findet gar keine Ablenkung des Lichtes statt.

Noch kann hier eine besondere Erscheinung angeführt werden, die man an der Sonne und am Vollmond wahrnimmt, und die ihren Grund in der Strahlenbrechung hat. Der obere sowohl als der untere Sonnenrand wird, wenn die Sonne am Horizont ist, durch die Strahlenbrechung scheinbar hinauf gerückt, aber nicht um gleich viel, sondern der untere *mehr* als der obere. So erscheint die Sonne etwas oval; dasselbe geschieht beim Monde, wenn er voll ist. In älterer Zeit glaubte man auch, den Umstand, daß Sonne und Mond am Horizont weit größer erscheinen, als hoch am Himmel, der Refraction zuschreiben zu dürfen, jedoch ganz mit Unrecht. Die scheinbare Vergrößerung der Gegenstände am Horizont hat zwei Gründe; fürs Erste denken wir uns die Himmelskörper, wenn sie neben terrestrischen Gegenständen erscheinen, *entfernter*, als wenn sie ganz frei am Himmel stehen, und halten sie deßhalb bei gleichem Sehwinkel für größer (§. 22). Fürs Zweite ist es eine bekannte Erfahrung, daß nach verschiedenen Richtungen die scheinbare Größe verschieden geschätzt wird, und der Knopf eines Kirchthurms weit kleiner erscheint, wenn er auf dem Thurme steht, als wenn man ihn herunternimmt, und in gleiche Entfernung auf ebener Erde hinstellt.

Oben ist noch bemerkt worden, daß die Atmosphäre eine Wirkung der allgemeinen Gravitation kund gebe, welche astronomischer Untersuchung zugehört.

Digitized by Google

Da die Luft eine flüssige Masse ist, die unter ähnlichen Bedingungen, wie das Meer, die Erde umgibt, so läßt sich erwarten, daß eben so wie bei dem Meere eine Ebbe und Fluth der Luft durch die Anziehung der Sonne und des Mondes entstehen muß. Dieß läßt sich zwar in unsern Gegenden, wo die Luft durch zufällige Ursachen ununterbrochen in gewaltiger Bewegung erhalten wird, nicht nachweisen: aber in der Nähe des Aequators zeigt das Barometer entschieden an, daß die Luft eben so vom Mond angezogen wird, wie das Wasser. Zur Bestätigung führe ich hier die neuesten Resultate des Observatoriums in St. Helena (30° südlich vom Aequator) an, die Sabine bekannt gemacht hat.

Entfernung des Mondes vom Meridian-Durchgang	Einfluß auf den Luftdruck in Pariser Linien
0ʰ	0,‴041
1	0,039
2	0,032
3	0,018
4	0,014
5	0,004
6	0,000

Von 6ʰ vor bis 6ʰ nach dem obern Meridiandurchgang wird der Luftdruck vermehrt, von 6ʰ vor bis 6ʰ nach dem untern Meridiandurchgang vermindert. Die analoge Wirkung der Sonne ist unzweifelhaft vorhanden, aber schwer von dem gleichzeitigen Einfluß der Wärme zu trennen.

63. Magnetismus der Erde. Eine der merkwürdigsten Eigenthümlichkeiten der Erde ist ihre magnetische Kraft. Zwar kann man bei dem jetzigen Stande der Untersuchung nicht entschieden sagen, ob diese Kraft zur Astronomie in Beziehung zu bringen sei oder nicht: jedoch liegt der Gedanke nahe, daß der Magnetismus eben so gut, als die Gravitation dem Weltgebäude überhaupt eigen sei, und zu dessen Erhaltung in irgend einer Weise gehöre. Auch hat bereits Kreil einen Zusammenhang zwischen der Stellung des Mondes und den magnetischen Aenderungen nachgewiesen, der jedenfalls höchst merkwürdig ist. Ich will übrigens hier den Gegenstand nicht weiter verfolgen, weil ich später in einer eigenen Abtheilung (§. 226—261) über die Verhältnisse und Gesetze der erdmagnetischen Kraft Näheres zu berichten gedenke.

5. Der Mond.

64. Gestalt und Umdrehung. So unbedeutend die Rolle ist, die der Mond im Sonnensysteme zu vertreten hat, so gebührt ihm doch von Seite der Erdbewohner vorzügliche Aufmerksamkeit. Er ist unser unzertrennlicher Begleiter, erleuchtet unsere Nächte, und übt auf die Lage der Erdpole, sowie auf die Bewegung der großen Wasser- und Luftmassen, welche den Erdkörper bedecken oder umgeben, die wichtigsten Einflüsse aus, nicht zu gedenken mancher medicinischen Wahrnehmung, die einen bisher nur dunkel erkannten und noch unerklärbaren Mondeinfluß andeutet*), und endlich des Zusammenhanges mit

*) Ich trage Bedenken, der Ansicht, als habe der Mond auf den menschlichen Körper gar keinen Einfluß, beizutreten, obwohl ich nicht verkenne, daß, seitdem Olbers, dem als Astronomen wie als Mediciner die höchste Auctorität zugestanden werden muß, sich entschieden dagegen erklärt hat, der Mondeinfluß als höchst problematisch zu betrachten ist.

Digitized by Google

den Bewegungen der Magnetnadel. Die Entfernung des Mondes von der Erde beträgt im Mittel 59¾ Erdhalbmesser, oder 51315 Meilen; bleibt sich aber vermöge der elliptischen Gestalt der Mondbahn nicht gleich, sondern ist stets einen halben Monat im Zunehmen, und darauf wieder einen halben Monat im Abnehmen begriffen, und zwar macht die ganze Aenderung 3¼ Erdhalbmesser aus. Der Durchmesser des Mondes von Pol zu Pol hat 469 Meilen. Seine Masse ist nur $^1/_{81}$ der Erdmasse, seine Dichtigkeit 3⅓ größer, als die des Wassers. Die Schwere an seiner Oberfläche beträgt nur $^1/_6$ von der Schwere an der Erdoberfläche. Eine Erhebung am Aequator, wie dieß bei den Planeten wohl allgemein vorkommt, nehmen wir nicht wahr, was bei der langsamen Rotation des Mondes, (er dreht sich in derselben Zeit, in welcher er um die Erde geht, nämlich im Verlaufe eines Monats nur einmal um seine Axe) auch von vornherein erwartet werden mußte. Die Axe des Mondes ist sehr wenig (1°28′) gegen seine Bahn geneigt, und der Unterschied der Jahreszeiten fällt (wenn man die äußersten Polargegenden unberücksichtiget läßt) ganz weg. Es gibt nur eine Abwechselung von Tag und Nacht: alle Tage haben für denselben Ort gleiche Dauer und gleiche Temperatur. Die Nächte der uns zugewendeten Mondhälfte erhellt die Erde, die eine bedeutende Lichtmenge (16 mal so viel, als wir vom Monde erhalten) gewährt.

Das eben erwähnte Verhältniß, daß die Umlaufszeit des Mondes mit seiner Axendrehung übereinstimmt, ist um so mehr bemerkenswerth, als bei allen Satelliten wahrscheinlich derselbe Fall eintritt; es muß jedenfalls der Grund hievon in der Entstehungsweise des Planetensystems gesucht werden. Keine bisher aufgestellte Kosmogenie leistet in dieser Beziehung Genüge.

Die Rotation des Mondes ist vollkommen gleichförmig, wie dieß bei allen Himmelskörpern der Fall ist. Wäre die Bewegung in der Bahn auch gleichförmig, dann würde der Mond im strengen Sinne immer dieselbe Seite der Erde zukehren: letzteres ist indessen nicht der Fall, und so sehen wir, wenn der Mond in seiner Bahn voraneilt, etwas mehr von der folgenden Kugelhälfte: bleibt er aber in der Bahn zurück, so zeigt sich etwas mehr von der vorangehenden Hälfte. Dieses scheinbare Schwanken der Mondkugel nennt man die Libration. Man hat vermuthet, daß außerdem der Mond eine wahre Schwankung oder Pendelbewegung habe, und der Punkt des Mondes, der uns zunächst steht, in regelmäßigen Oscillationen vorwärts und rückwärts gehe. Diese physische Libration wäre gar wohl mit mechanischen Gesetzen vereinbar: ob sie übrigens wirklich vorhanden sei, läßt sich aus den bisherigen Beobachtungen nicht mit Sicherheit ableiten. Die neuesten Untersuchungen von Wichmann zeigen, daß die Schwankung des Mondes von der Erde aus gesehen kaum 2″ betragen dürfte.

65. Oberfläche. Schon das freie Auge nimmt an der Oberfläche des Mondes Ungleichheiten — verwaschene Flecken — wahr, in denen die Einbildungskraft des Volkes mancherlei abenteuerliche Aehnlichkeiten gefunden hat. Die eigentliche Gestalt der Oberfläche wird erst durch das Fernrohr als bestehend aus Bergen und Thälern, aus kleinen und großen Terrainformen endlos an Zahl wie an Mannigfaltigkeit geoffenbaret. So unendlich übrigens das Detail der Mondoberfläche ist, so reicht doch eine kurze Charakteristik hin, die Formen und Verhältnisse zu bezeichnen. Fürs Erste wird man vor Allem den auffallenden Unterschied der Polargegenden und der Aequatorialzone bemerken: dort findet man nichts als Unebenheiten, hohe Berge und kesselförmige Vertiefungen; hier wechseln einzelne Berge und kraterförmige Gebilde und Bergzüge mit Ebenen zum Theile von großer Ausdehnung ab.

Digitized by Google

Im Aussehen der Berge und Ebenen tritt ein unverkennbarer Unterschied hervor, jene sind weiß wie Kreide, diese grau, hie und da mit etwas grünlicher oder bläulicher Färbung. Letztere Bestimmung führe ich als auf den Wahrnehmungen anderer Beobachter beruhend an, denn ich selbst habe niemals eine Färbung wahrnehmen können, woraus wenigstens so viel folgt, daß sie sehr schwach sein muß. Es ist durchgängig eine einzige Form auf dem Monde vorherrschend, die runde: alle Erhebungen über die Oberfläche und alle Vertiefungen nähern sich der runden Gestalt, und deuten eine gemeinsame Entstehungsweise an. Wenn man die Mondoberfläche aufmerksam betrachtet, kann man sich der Vorstellung nicht erwehren, daß ursprünglich der Mond eine flüssige Masse war, und daß, während diese Masse Consistenz gewann, im Innern Kräfte sich entwickelten, wodurch Eruptionen entstanden sind, ungefähr wie wenn Luftblasen aus einer breiartigen Masse herausgetrieben werden, und an der Oberfläche hervorplatzen, einen kreisförmig erhöhten Rand mit einer Vertiefung in der Mitte zurücklassend. Nicht selten scheinen mehrere solche Ereignisse nach einander stattgefunden zu haben. Die Zeichnung Fig. 31, (wo letzteres der Fall ist) kann als allgemeiner Typus der Mondformation betrachtet werden.

Eine Abweichung einigermaßen bilden die Rillen, schmale Vertiefungen, die in ziemlich gerader Richtung oft über bedeutende Strecken — 30 Meilen und darüber — hinziehen. Im ersten Augenblicke bieten sie das Ansehen von Flußbetten oder Landstraßen dar: wenn man aber bedenkt, daß sie eine Breite von 2000 bis 9000 Fuß haben, und ohne Rücksicht auf das Terrain bald aufwärts, bald abwärts gehend fortgesetzt werden, zeigen sich diese Vorstellungen als unhaltbar. Es ist kaum zu zweifeln, daß die Rillen gewaltige Risse sind, die in dem Monde entstanden, als er schon nahe zur Consistenz gelangt war.

Wenn man zu verschiedenen Zeiten die Mondoberfläche untersucht, so erkennt man die einzelnen Berge und Landschaften immer mit gleicher Schärfe. Wolken, Nebel, oder sonstige Formen des Wasserdunstes kommen da niemals vor. Auch Wasserflächen, die sogleich an ihrem Aussehen zu erkennen wären, sind nirgends auf der Mondoberfläche wahrzunehmen. Eine fernere charakteristische Thatsache ist, daß, wenn der Mond, der ziemlich schnell unter den Sternen sich fortbewegt, über einen Stern geht, oder wie man sagt, den Stern bedeckt, dieser mit unverändertem Lichte sich der Mondscheibe nähert, bis er plötzlich verschwindet. Eine Schwächung oder Ablenkung des Lichts ist niemals wahrgenommen worden; ebenso zeigt sich bei Sonnenfinsternissen der Mondrand immer mit größter Schärfe begränzt. Daraus ist mit völliger Gewißheit zu schließen, daß keine Atmosphäre, wie die unsrige, den Mond umgibt. Zwei der wesentlichsten Erfordernisse, wovon das Gedeihen des Thier- und Pflanzenlebens abhängt, fehlen also dem Monde gänzlich, und alle weitere Analogie mit den ökonomischen Verhältnissen unserer Erde fällt hiemit weg.

Die Form der Mondberge hat die Vorstellung hervorgerufen, daß sie Vulcane seien. Einzelne Astronomen ließen sogar von diesen Vulcanen die Meteorsteine auf unsere Erde herüberschleudern, eine an und für sich nicht unmögliche Sache, wenn wirklich nachgewiesen werden könnte, daß die Mondvulcane in Thätigkeit wären. Auch hiezu hat es an Andeutungen nicht gefehlt, und wir können sogar W. Herschel unter diejenigen zählen, die ein feuerähnliches Glimmen auf dem dunklen Theile des Mondes beobachtet zu haben glaubten. Die Sache hat sich indessen dahin aufgeklärt, daß es einzelne ausgezeichnet weiße Bergspitzen gibt, die schon in der sparsamen Beleuchtung, welche ihnen die Erde zusendet, als helle Punkte in der sonst dunkeln Umgebung erscheinen. Daß diese zu der von Herschel wahrgenommenen Erscheinung Anlaß

Digitized by Google

gegeben, läßt sich unzweifelhaft nachweisen. Irgend etwas entschieden dem Ausbruche eines Vulcans Aehnliches hat Niemand am Monde — obwohl es an fleißigen Beobachtern nicht fehlte — bisher gesehen, und wenn wir außerdem anderweitige Andeutungen über die Entstehung der Meteorsteine berücksichtigen, so dürfen wir wohl den Mond — diesen sonst so friedlichen Begleiter der Erde — von dem Verdachte, auf so unnachbarliche Weise die persönliche Sicherheit der Erdbewohner gefährden zu wollen, unbedenklich frei sprechen.

66. Beleuchtung. Wir haben vorhin die Nachtbeleuchtung erwähnt, welche dem Monde von der Erde zukommt. Vom Monde aus gesehen, bietet die Erde dieselbe Folge von Phasen — Neuerde, erstes Viertel, Vollerde, letztes Viertel — dar, die wir am Monde beobachten. Man denke sich den Mond im Mittage, und die Sonne am westlichen oder östlichen Horizont, so erleuchtet die Sonne die West- oder Ostseite des Mondes und der Erde in gleicher Weise. In diesem Falle haben wir erstes oder letztes Viertel, und der Mond ebenfalls. Ist der Mond im Meridian um Mitternacht, so erscheint er als Vollmond. Die dem Monde zugewendete Erdhälfte ist aber ganz dunkel, oder zeigt nur an der Seite einen schmalen sichelförmigen Streifen, der erleuchtet ist; alsdann hat der Mond Neuerde. Erscheint endlich der Mond, von der Erde aus gesehen, neben der Sonne, so sieht er die ganze ihm zugewendete Erdhälfte erleuchtet, und hat also Vollerde, während wir Neumond haben.

Betrachten wir den letzten Fall etwas näher. Der Vollmond sendet uns schon eine sehr beträchtliche Lichtmenge zu; da aber die Erde einen viermal größern Durchmesser hat, als der Mond, so kann man sich wohl vorstellen, daß der Mond von der Vollerde, selbst wenn man die Trübung unserer Atmosphäre in Anschlag bringt, noch ungefähr so viel Licht erhält, als wir in der Dämmerung haben. Es ist also kein Wunder, daß wir im Neulichte auch den dunkeln Theil des Mondes mit freiem Auge gar wohl unterscheiden, und mit Fernröhren sogar die ausgezeichnetern Formen, — Berge und Ebenen, — wahrnehmen. Wenn einige Astronomen eine Phosphorescenz der Mondoberfläche angenommen haben, um die Sichtbarkeit der nicht von der Sonne beleuchteten Mondscheibe zu erklären, so läßt sich die Möglichkeit eines solchen Verhältnisses nicht in Abrede stellen: der Hypothese fehlt aber gerade dasjenige Erforderniß, worauf bei allen Erklärungsversuchen vorzüglich gesehen werden soll; sie wird durch keine sonstige Analogie unterstützt.

Als bemerkenswerth mag noch der Umstand angeführt werden, daß, wenn man den Mond im Neulichte mit freiem Auge betrachtet, man glauben möchte, es gehöre die erleuchtete Sichel einem größern Kreise, als der dunkle Theil, an. Die Täuschung verschwindet, wenn man ein Fernrohr zu Hülfe nimmt, weil das falsche Licht, womit glänzende oder stark erleuchtete Gegenstände umgeben erscheinen, im Fernrohre verhältnißmäßig weniger hervortritt (§. 24.). Demselben Grund ist zuzuschreiben, daß ein Stern, mit freiem Auge betrachtet, einen merklichen Durchmesser zu haben scheint, während ihn das Fernrohr nur als glänzenden Punkt zeigt.

6. Mars.

67. Verhältnisse und Beschaffenheit des Mars. Nirgends in der Planetenwelt findet so viele Aehnlichkeit statt, wie zwischen Mars und der Erde. Die Rotation (nach Beer und Mädler $24^h\ 37'\ 20''$) und die Neigung des Aequators, also die Vertheilung von Tag und Nacht, sowie die

Digitized by Google

Verhältnisse der Jahreszeiten sind an beiden wenig verschieden. Merkwürdig insbesondere sind die am Süd- und Nordpol befindlichen und von Maraldi 1716 zuerst wahrgenommenen weißen Flecken, die im Marswinter sich weiter ausbreiten, im Sommer an Ausdehnung kleiner werden. Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß ewiger Schnee die Pole des Mars bedeckt, und ein Theil davon zusammenschmilzt, wenn die Sonne höher heraufkömmt. Daß der ewige Schnee weiter gegen den Aequator sich hinzieht, als bei uns, wird man ganz begreiflich finden, wenn man bedenkt, daß die Sonne dem Mars nur die Hälfte der Wärme gibt, die wir auf der Erdoberfläche erhalten.

Ob die dunkeln Flecken, welche man an den gemäßigten Zonen des Mars (vorzüglich in der südlichen Halbkugel) beobachtet, constant oder veränderlich sind, ist noch nicht als entschieden zu betrachten. Wer die Zeichnungen der Marsoberfläche, wie sie von verschiedenen Astronomen und zu verschiedenen Zeiten hergestellt worden sind, mit einander vergleicht, wird allerdings zu dem Schlusse kommen, daß die Flecken im Verlaufe der Zeit eine ganz andere Gestaltung erhalten: gleichwohl haben Beer und Mädler eine Reihe von Jahren hindurch dieselben Hauptflecken wieder erkannt. Es ist jedoch nicht unwahrscheinlich, daß vorübergehende atmosphärische Bedeckungen und atmosphärische Niederschläge ein verändertes Aussehen der Oberfläche zur Folge haben.

Wie das röthliche Licht des Mars zu Stande kommt, ob die Atmosphäre oder die Oberfläche die Färbung gibt, ist nicht wohl mit Bestimmtheit zu entscheiden. Wahrscheinlicher ist es aber, daß wir den Grund in der Atmosphäre zu suchen haben: sogar die Analogie begünstiget diese Hypothese, denn auch in unserer Atmosphäre wird unter gewissen Umständen, z. B. in der Dämmerung, röthliches Licht erzeugt, und das Sonnenbild erscheint besonders gegen den Rand ebenfalls röthlich, ohne Zweifel in Folge eines umgebenden Dunstkreises (§. 55). Der Durchmesser des Mars ist ungefähr halb so groß, wie der Durchmesser der Erde: an Dichtigkeit sind die beiden Planeten wenig verschieden. Was aber die Schwere an der Oberfläche betrifft, so ist sie bei Mars um die Hälfte geringer.

7. Asteroiden.

68. Beschaffenheit der Asteroiden. Von der Oberfläche und Beschaffenheit der Asteroiden läßt sich nichts ermitteln. Eine einzige auffallende Thatsache ist anzuführen, nämlich, daß die Asteroiden ganz denselben Glanz wie die Fixsterne haben und weit mehr Licht geben, als sie vermöge ihrer Größe geben sollten. Hieraus hat man die Vermuthung geschöpft, daß sie selbstleuchtend seien: die Entscheidung darüber haben wir erst von künftigen photometrischen Messungen bei verschiedener Entfernung von der Erde und Sonne zu erwarten.

Daß von einigen Astronomen bisweilen die kleinen Planeten mit einer Dunsthülle umgeben gesehen worden sind, scheint in der Beschaffenheit unserer Atmosphäre und der angewendeten Fernröhre seinen Grund gehabt zu haben. Eine Planetenatmosphäre, die bald sichtbar, bald unsichtbar wäre, würde aller Wahrscheinlichkeit und aller Analogie widerstreben. Auch beträchtliche periodische Zu- und Abnahme der Lichtstärke glaubte man in der ersten Zeit nach der Entdeckung der kleinen Planeten an mehreren derselben wahrgenommen zu haben und schloß daraus auf eine Rotation und eine sehr ungleichmäßige Oberfläche. Letzteren Umstand brachte man mit der Hypothese von Olbers in

Digitized by Google

Verbindung, wonach die kleinen Planeten nur Trümmer eines großen Weltkörpers seien und deßhalb wahrscheinlich keine regelmäßige sphäroidische Gestalt, wie die übrigen Planeten, haben sollten. Neueren Wahrnehmungen zufolge ist jedoch eine so bedeutende Aenderung der Lichtstärke nicht vorhanden.

69. Hypothese von Olbers. Es scheint zweckmäßig, bezüglich auf die eben erwähnte Hypothese von Olbers noch einige nähere Bestimmungen beizufügen. Wenn ursprünglich ein großer Weltkörper zwischen Mars und Jupiter in elliptischer Bahn sich um die Sonne bewegt hat und durch eine gewaltsame Katastrophe in Stücke zertheilt worden ist, die sämmtlich nahe in der Richtung der ursprünglichen Bahn ihren Weg fortgesetzt haben, so wird der Punkt, wo die Katastrophe geschah, sämmtlichen neuen Bahnen gemeinschaftlich sein, d. h. es werden sich hier alle Bahnen durchkreuzen und jeder Asteroid wird einmal während seines Umlaufes dahin zurückkehren. Eigentlich gilt dieß indessen nur für die Zeit, welche zunächst nach der Katastrophe folgt: denn im Verlaufe der Jahrhunderte müssen sich die Bahnen — insbesondere durch die von Jupiter hervorgebrachte Säcularbewegung — beträchtlich ändern, und die Durchschnittspunkte werden jetzt um so weiter von einander abstehen, je weiter die Katastrophe in die Vorzeit zurückgeht.

Untersucht man in dieser Hinsicht die Asteroidenbahnen und nimmt z. B. die Bahn der Ceres als Grundebene an, so wird man finden, daß die Durchschnittspunkte in einem ziemlich engen Raum eingeschlossen sind, während sie, wenn vom Zufall der Erfolg abgehängt hätte, ungefähr gleichmäßig um den ganzen Umkreis hätten vertheilt sein sollen: es würde übrigens völlig zwecklos sein, die Rechnung weiter fortzusetzen, bis die Secularänderungen genau bestimmt sind.

Noch bieten uns die Entfernungsverhältnisse ein erwünschtes Prüfungsmittel dar, um zu entscheiden, ob die oben betrachtete Entstehungsweise möglich ist oder nicht: sie schließt nämlich, wie man bei näherer Betrachtung leicht begreifen wird, die Bedingung in sich, daß die sämmtlichen Asteroiden während ihres Umlaufes wenigstens einmal in dieselbe Entfernung von der Sonne kommen müssen. Wenn also unter den Asteroiden einer sich vorfindet, dessen größte Distanz kleiner bleibt, als die kleinste Distanz der übrigen, so ist die Hypothese unzuläßig. Folgende Tabelle gibt nun die größten und kleinsten Distanzen an:

Namen.	Distanzen in Sonnenweiten.	
	kleinste	größte.
Hygiea	2,83	3,41
Parthenope	2,22	2,66
Asträa	2,09	3,05
Egeria	2,29	2,86
Iris	1,84	2,84
Metis	2,11	2,66
Flora	1,86	2,55
Victoria	1,83	2,84
Vesta	2,15	2,56
Ceres	2,55	2,98
Juno	2,00	3,35
Hebe	1,93	2,92
Pallas	2,11	3,43

Digitized by Google

Vollständig hält die Hypothese diese Prüfung nicht aus; denn die kleinste Zahl in der zweiten Reihe ist 2,55 (bei Flora) und die größte in der ersten Reihe ist 2,83 (bei Hygiea). Läßt man aber die Hygiea, die überhaupt von den sonstigen Verhältnissen der Asteroiden beträchtlich abweicht und wohl gar einer neuen Asteroidengruppe angehören möchte, weg, so werden die geforderten Bedingungen erfüllt. Alsdann ist die kleinste Zahl in der zweiten Reihe 2,55 (bei Flora) und die größte Zahl in der ersten Reihe ist wiederum 2,55 (bei Ceres). Flora und Ceres werden also einmal während eines Umlaufes in dieselbe Distanz kommen: was die übrigen Asteroiden betrifft, so werden sie alle zweimal eben diese Distanz erreichen. Ist also eine Katastrophe vorgekommen, so muß sie in der Entfernung 2,55 von der Sonne sich ereignet haben. Hiedurch wäre zwar ein sehr merkwürdiger Anhaltspunkt gewonnen, indessen bietet die weitere Untersuchung große Schwierigkeiten dar, nicht blos weil eine genaue Bestimmung der Säcularänderungen durch die übrigen Planeten, wie oben bereits bemerkt wurde, zu ermitteln wäre, sondern auch weil die gegenseitigen Störungen der Asteroiden selbst, vom Anfange, einen jedenfalls außerordentlichen und mithin durch die Rechnung schwer zu ermittelnden Betrag erreicht haben müssen.

Wenn auch dem obigen zufolge die merkwürdige von Olbers ausgesprochene und von ihm so glücklich angewendete Hypothese aus den bisher ermittelten Bestimmungen nicht erwiesen werden kann, so bieten sich dennoch dabei so viele auffallende Verhältnisse dar, daß die weitere Verfolgung des Gegenstandes und die Entwickelung der dazu gehörigen Rechnungen eine verdienstliche Aufgabe bilden würde.

Was aber die Natur der vorgefallenen Katastrophe betrifft, so möchte ich keineswegs, wie es größtentheils geschehen ist, einem Kometen sie zuschreiben, weil die Kometen hiezu nicht die erforderliche Masse haben, sondern ich glaube vielmehr, daß sie durch eine zu große Rotationsgeschwindigkeit sich am wahrscheinlichsten und natürlichsten erklären ließe. Hiernach hätte man anzunehmen, daß der ursprüngliche Planet zu der äußern Gruppe eigentlich gehört und wie Jupiter und Saturn eine sehr große Rotationsgeschwindigkeit sowohl, als einen großen Umfang gehabt habe. Bei Jupiter hat die Rotation blos eine bedeutende Abplattung hervorgebracht, und 4 Satelliten abgetrennt; bei Saturn hat sich der Ring nebst 8 Satelliten abgerissen, bei unserm hypothetischen Planeten dagegen hat sich der ganze Körper durch die Schnelligkeit der Rotation in Stücke getheilt, die nach der Richtung der Tangente hinausgeflogen sind. Die Tangentialkraft, die im Verhältnisse zur Bahngeschwindigkeit jedenfalls nur sehr gering sein konnte, hat die Richtung und Geschwindigkeit der einzelnen Stücke ein wenig modificirt. Das Stück, welches voran, und zwar senkrecht, auf die nach der Sonne gezogene Linie geschleudert wurde — Ceres — hat die größte, das rückwärts geschleuderte Stück — Flora — die kleinste Geschwindigkeit bekommen; an der Stelle selbst entstand die Sonnennähe der Ceres und die Sonnenferne der Flora. Bei allen übrigen Stücken wurden Richtung und Geschwindigkeit zugleich etwas geändert; dabei mußten nothwendiger Weise die Bahnen zwischen jenen der Flora und Ceres eingeschlossen bleiben.

8. Jupiter.

70. Verhältnisse und Beschaffenheit des Jupiter. Mit Jupiter fängt die äußere Planetengruppe an, welcher eine geringe Dichtigkeit

Digitized by Google

und eine schnelle Umdrehung, folglich auch eine bedeutende Abplattung eigenthümlich zu sein scheint.

Jupiter übertrifft an Größe alle übrigen Planeten; er hat vom Nord- zum Südpol einen Durchmesser von 18524 Meilen; er dreht sich in sehr nahe 10 Stunden um seine Axe, und die Erhebung des Aequators beträgt 747 Meilen. Seine Dichtigkeit kommt sehr nahe der des Wassers gleich.

Da die Axe des Jupiter nur wenig gegen seine Bahn geneigt ist, so fällt die Verschiedenheit der Jahreszeiten weg: eine Zone hat ewigen Sommer, und alle Tage die Sonne im Scheitel, eine Zone hat ewigen Frühling, und gegen den Nord- und Südpol herrscht ewiger Winter.

Am Aequator des Jupiter und parallel damit ziehen sich mehrere Streifen herum, wovon bisweilen fünf, immer aber wenigstens zwei zu unterscheiden sind. An den Streifen läßt sich eine Menge Detail wahrnehmen, hellere und dunklere Stellen mit sehr unregelmäßiger Begränzung und häufiger Aenderung unterworfen. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die Aenderungen von atmosphärischem Wechsel herrühren: wahrscheinlich sehen wir durch Wolkenmassen die Ungleichheiten der Jupitersoberfläche, ohne die Wolkenmassen und die Oberfläche von einander unterscheiden zu können.

Daß Jupiter eine Atmosphäre habe, geht aus dem matten und undeutlichen Aussehen der Streifen gegen den Rand hin unzweideutig hervor.

Die oben erwähnte Erhebung von 747 Meilen am Aequator des Jupiter ist zwar an und für sich sehr beträchtlich, aber dennoch *geringer*, als sie sein müßte, wenn Jupiter eine flüssige Masse von überall gleicher Dichtigkeit wäre: wir schließen daraus (wie bei der Erde §. 60), daß gegen die Mitte hin die Dichtigkeit *größer* ist, als an der Oberfläche. Da nun im Mittel die Dichtigkeit der Jupitersmasse dem Wasser sehr nahe gleichkommt, so folgt, daß die Stoffe, woraus die Oberfläche besteht, jedenfalls specifisch viel leichter als Wasser sind. Es ist also nicht möglich, anzunehmen, daß Jupiter wie die Erde große Wassermassen an seiner Oberfläche trage, woraus ferner zu schließen ist, daß die atmosphärischen Bedeckungen nicht durch Wasserdunst veranlaßt sein können.

Obwohl das specifische Gewicht des Jupiter so gering ist, so übt doch der Planet wegen seiner gewaltigen Größe eine sehr bedeutende Anziehung aus, und die Schwere beträgt am Aequator $2\frac{1}{4}$, an den Polen $2\frac{3}{4}$ mehr als an der Erdoberfläche.

Jupiter ist von vier Monden begleitet, die an Größe nicht gar viel verschieden sind, alle aber etwas größer als unser Mond. Hinsichtlich der Dichtigkeit kommen sie dem Jupiter sehr nahe und mögen deßhalb mit ihrem Hauptplaneten weit mehr Aehnlichkeit haben, als unser Mond mit der Erde allen Anzeichen zufolge zu haben scheint.

9. Saturn.

71. *Verhältnisse und Beschaffenheit des Saturn.* Saturn hat bezüglich auf Gestalt manche Aehnlichkeit mit Jupiter; sein Durchmesser von Pol zu Pol mißt 14696 Meilen: die Erhebung am Aequator beträgt 805 Meilen. Er dreht sich auch in etwas mehr als zehn Stunden um seine Axe. Die Streifen, die parallel mit dem Aequator sich um die Kugel herumziehen, sind ähnlich denen des Jupiter, und zeigen vielerlei Aenderung im Ver-

Digitized by Google

laufe der Zeit. Ihre genauere Beobachtung ist indessen, weil sie sehr schwach sind, nur für die größten Fernröhre und für reine Luft geeignet.

Die Dichtigkeit des Saturn ist geringer, als die des Wassers, und kommt ganz nahe der Dichtigkeit des Buchenholzes gleich. Da der Rotationsgeschwindigkeit des Saturn eine weit größere Erhebung des Aequators zugehört, also aus denselben Gründen, die oben für die Erde und Jupiter angeführt worden sind) §. 60. 69.), die Dichtigkeit gegen die Mitte hin zunehmen muß, so haben wir jedenfalls vorauszusetzen, daß die Oberfläche von außerordentlich leichten Substanzen zusammengesetzt sein wird. Sollte vielleicht die Oberfläche, die wir sehen, nur eine Wolken- oder Dunsthülle sein, die einen kleinern und dichtern Kern bedeckt? oder finden sich vielleicht unmittelbar unter der äußern Kruste des Planeten und bis gegen den Kern hin gewaltige hohle Räume vor? Will man einen gemeinsamen Ursprung der Planeten, eine gleiche Beschaffenheit ihrer Bestandtheile voraussetzen, so sind wir wohl genöthigt, eine solche Hypothese — die an und für sich durchaus nicht unwahrscheinlich ist — anzunehmen.

Was den Saturn von allen übrigen Körpern am meisten unterscheidet, ist der flache Ring, der ihn umgibt, und der aus zwei von einander getrennten Theilen, einem nähern und einem entferntern Ring besteht. *) Der äußere Durchmesser des äußern Ringtheiles ist 37587 Meilen, die Breite 1927 Meilen; dann kommt eine Kluft von 387 Meilen, und endlich der innere Ringtheil, dessen Breite 3733 Meilen beträgt. Die Dicke wird von Bessel auf ungefähr 30 Meilen geschätzt. Die Masse der beiden Ringtheile beträgt $^1/_{148}$ der Saturnsmasse. Ein merkwürdiger Umstand ist, daß der Planet nicht in der Mitte des Ringes schwebt, sondern nahe 200 Meilen der vorangehenden Seite sich nähert. Die Ringtheile sind nicht ganz plan, und liegen auch nicht in einer und derselben Ebene: deßhalb bietet das Verschwinden und Wiedererscheinen des Ringes nicht die Regelmäßigkeit dar, die sonst statt finden müßte.

Die Ebene des Ringes fällt mit dem Aequator des Saturn fast vollkommen zusammen, und wenn die Axe des Planeten, wie wir es nahezu bei Jupiter sehen, auf seine Bahn senkrecht wäre, so würde der Ring immer einen schmalen Schatten auf den Aequator des Planeten werfen. Dieß ist indeß nicht der Fall; die Axe ist 26° 49′ gegen die Bahn geneigt, und so scheint die Sonne in der einen Hälfte der Bahn, d. h. $14^3/_4$ Jahre auf die südliche, in der andern wiederum $14^3/_4$ Jahre auf die nördliche Fläche des Ringes. Der Ring wirft einen mehr oder weniger breiten Schatten auf die Nord- oder Südhälfte des Saturn, und bringt eine gänzliche Finsterniß hervor, die von der Erde aus sehr gut gesehen werden kann. Begreiflicher Weise ist der Schatten in der Mitte beider Finsternißperioden am breitesten, und wird gegen das Ende einer jeden Periode immer schmäler. Beim Uebergange von einer Seite des Ringes auf die andere weilt die Sonne einige Zeit auf der Kante, die, wie oben bemerkt wurde, etwa 30 Meilen in der Dicke hat, also für uns bei der großen Entfernung des Saturn gänzlich verschwindet. Unter diesen Verhältnissen sehen wir weder den Ring noch seinen Schatten.

Es ist in Zweifel gezogen worden, ob ein aus discreten Theilen, wie die

---

*) Von einigen Astronomen ist eine mehrfache Theilung des Saturnsringes mit aller Bestimmtheit wahrgenommen worden, während in der Regel die geübtesten Beobachter mit den stärksten Fernröhren keine Spur von mehrfacher Theilung entdecken konnten. Dieser Umstand scheint die Vermuthung zu begünstigen, daß die Gestalt des Ringes veränderlich sei. In neuester Zeit haben Bond (in America) und Dawes (in England) einen matt erleuchteten Ring gesehen, der zwischen dem Saturn und dem eigentlichen Ringe sich befindet.

Digitized by Google

Erde, zusammengesetzter Körper von so gewaltiger Ausdehnung und so geringer Dicke wohl Bestand haben könne, und man war nicht selten geneigt, den Ring für Wolken- oder Dunstmassen zu erklären. Dieß ist aber entschieden nicht der Fall, was mit aller Gewißheit aus dem Umstande sich schließen läßt, daß der Ring auf die Satelliten eine sehr merkliche Anziehung ausübt, also nicht unbeträchtliche Schwere besitzt.

Ueber die Rotation des Ringes ist man jetzt noch in Zweifel. Schröter glaubte aus seinen Beobachtungen folgern zu dürfen, daß gar keine Drehung statt finde, was mit den Gesetzen des Weltsystems unvereinbar wäre. Laplace gelangte auf theoretischem Wege zu dem Schlusse, der Ring müsse sich mit derselben Geschwindigkeit drehen, mit welcher ein Satellit (in gleicher Entfernung) um den Saturn sich bewegen würde; Herschel dagegen leitete aus direkter Beobachtung eine Rotationszeit ab, die mit der Rotationszeit des Saturn selbst sehr nahe zusammenfällt, also um mehr als das Doppelte die von Laplace vermuthete Periode übertrifft. Eine Entscheidung müssen erst künftige Beobachtungen liefern.

Die Verhältnisse der Schwere auf dem Saturn haben manches Eigenthümliche, was mit der Ordnung der Dinge, die wir auf der Erde gewohnt sind, einen merkwürdigen Contrast bildet. Die gewaltige Erhebung von 805 Meilen auf dem Aequator bewirkt, daß die Schwerkraft an den verschiedenen Theilen des Saturns sehr verschieden ist: was auf dem Aequator 1 Pfund wiegt, hat $1\frac{3}{4}$ Pfund am Pole; und während ein Stein im Falle nur 12 Fuß in der ersten Secunde am Aequator zurücklegt, fällt er an den Polen über 20 Fuß. Am sonderbarsten aber ist es, daß die Bewohner der Ringe (insbesondere des inneren Ringes), wenn es solche giebt, nicht gerade — d. h. senkrecht auf dem Boden — gehen, sondern schief gegen den Saturn geneigt.

Den Saturn umkreisen 8 Monde oder Satelliten, wovon nur der drittletzte (vom Saturn an der sechste, gewöhnlich der Hugenische Satellit genannt) eine beträchtliche Größe hat. Der innerste geht sehr nahe am Ringe herum, in etwas mehr als 22 Stunden. Hat er Bewohner, so bietet ihnen der Saturn und seine Ringe den großartigsten Anblick dar: in der Nacht nehmen diese über die Hälfte des Himmels ein und müssen jedenfalls eine sehr starke Beleuchtung hervorbringen. Rücksichtlich des siebenten Satelliten (wenn man vom innersten zu zählen anfängt), müssen wir die bemerkenswerthe Thatsache anführen, daß er in einem gewissen Theile seiner Bahn uns gänzlich verschwindet. Zur Erklärung dieser Thatsache nimmt man an, daß so, wie bei unserem Monde, die grauen Ebenen weit weniger Licht geben, als die Berggegenden, auch die Oberfläche des Satelliten von sehr ungleicher Beschaffenheit sei, und zwar die eine Seite viel, die andere fast gar kein Licht reflectire. Kehrt nun der Satellit uns diese letztere Seite zu, so muß er gänzlich unsichtbar werden: und da dieß immer in einem und demselben Theile der Bahn geschieht, so folgt, daß der Satellit, gleich unserem Monde, während er um den Saturn herumkommt, nur einmal um seine Axe sich dreht. Aehnliche Andeutungen hat man auch bei den Jupitersatelliten wahrgenommen, und glaubt deßhalb, daß bei allen Nebenplaneten die Gleichheit der Rotations- und Umlaufszeit statt finde.

10. Uranus und Neptun.

72. Verhältnisse und Beschaffenheit des Uranus und Neptun. Ueber die Verhältnisse des Uranus läßt sich fast gar nichts sagen, da

Digitized by Google

er so weit entfernt ist, daß die besten bisher angewendeten Fernröhre ihn nur als kleine, düster beleuchtete Scheibe darstellen, ohne daß es möglich wäre, irgend eine Ungleichheit auf der Oberfläche wahrzunehmen. Deßhalb kann man weder sagen, welche Richtung seine Pole haben, noch wie lange er braucht, sich um seine Axe zu drehen.

Herschel hat sechs Satelliten entdeckt, die um den Uranus herumgehen: ihre Umlaufsperioden erstrecken sich von 5 bis zu 107 Tagen. Sie zeigen eine Eigenthümlichkeit, die sonst nirgends im Planetensysteme vorkommt, daß nämlich ihre Bahnen fast senkrecht gegen die Bahn des Uranus stehen. (Fig. 32 stellt die Bahnen der vier innersten Satelliten vor.) Die Satelliten aller Planeten, von denen wir genauere Kenntniß haben, gehen nahe parallel mit dem Aequator des Hauptkörpers herum. Darf man die Analogie auf Uranus ausdehnen, so müßten seine Pole in der Ebene der Bahn liegen; wir hätten demnach das eigenthümliche Verhältniß, daß die Sonne von einem Pole zum andern herumwandert, und im Laufe eines Uranusjahres jeder Punkt der Oberfläche wenigstens einmal die Sonne im Scheitel hat. Der größte Unterschied von Hitze und Kälte muß an den Polen sein, welche ein halbes Uranusjahr (42 Erdenjahre) Tag, aber auch wieder eben so lange Nacht haben. Am Aequator wird eine beständige Abwechselung von Tag und Nacht, mithin jedenfalls ein gemäßigteres Klima anzutreffen sein. So eigenthümlich auch die eben erwähnten Verhältnisse vorkommen mögen, so läßt sich doch am Ende nicht läugnen, daß es, wenn alle Theile der Oberfläche zu berücksichtigen sind, keine gerechtere Vertheilung von Wärme und Kälte, von Licht und Finsterniß geben kann, als auf dem Uranus. Alle übrigen Planeten zeigen den Contrast von begünstigten und völlig verwahrlosten Zonen.

Die Untersuchung des Neptun ist zu schwierig und zu neu, als daß man sichere Resultate jetzt noch zu erwarten hätte. Wie einst Herschel am Uranus zwei Ringe wahrgenommen zu haben glaubte (was durch spätere Beobachtung nicht bestätigt worden ist), so hat Lassel eine schwache Spur von einem Ringe am Neptun gesehen, deßgleichen auch Bond; jedoch bleibt die Sache noch sehr zweifelhaft. Einen Satelliten hat Lassel entdeckt, dessen Dasein durch Bond, Mitchel und O. Struve bestätigt worden ist: Letzterer hat aus einer längeren Beobachtungsreihe die Elemente des Satelliten berechnet und die Umlaufszeit etwas kleiner, als 6 Tage gefunden. Die Wahrnehmung eines zweiten Satelliten durch Mitchel ist jetzt noch als zweifelhaft zu betrachten.

11. Beschaffenheit der Kometen.

73. Verschiedenheit der Kometen- und Planetenbeschaffenheit. Nachdem wir im Vorhergehenden die Beschaffenheit und die eigenthümlichen Verhältnisse der einzelnen Planeten betrachtet haben, wollen wir jetzt unsere Untersuchung auch auf die Kometen ausdehnen. Bei Beantwortung der Fragen, die sich auf die Natur der Planeten beziehen, haben wir den Vortheil, daß wir selbst einen Planeten bewohnen, und von den Stoffen, woraus die übrigen (wahrscheinlich) bestehen, und den Kräften, die darauf wirken, wenigstens eine allgemeine Vorstellung haben. Wäre es mir erlaubt, dem Beispiele des Königs Alphons des Weisen von Castilien nachzuahmen, und mich als Baumeister des Planetensystems zu denken, so würde ich zwar nicht wie jener übrigens um die Himmelskunde hochverdiente Fürst sagen, daß ich etwas Besseres als das Bestehende herstellen könnte, aber etwas dem Bestehenden voll-

Digitized by Google

kommen Aehnliches herzustellen, sehe ich keineswegs als eine Sache an, die über die Sphäre menschlicher Ideen hinausfällt: so viel kann man wenigstens unbedenklich behaupten, daß die Construktion der Planeten, so weit wir sie wahrnehmen, durchaus nichts darbietet, was nicht aus den Kräften und Stoffen, die uns Erdbewohnern wohl bekannt sind, sich darstellen ließe. Man gebe mir Materialien, wie sie auf unserer Erde vorkommen, feste und flüssige, tropfbare und luftförmige, und ich will daraus, ohne irgend eine andere Kraft, als die allgemeine Gravitation zu Hülfe zu nehmen, einen Mercur, einen Jupiter, selbst einen Saturn mit seinen Ringen zusammensetzen, so daß sie genau das Aussehen haben, wie wir am Mercur, am Jupiter und Saturn wahrnehmen, und genau den Einfluß im Weltsystem ausüben, welcher den eben genannten Planeten, der bisherigen Beobachtung zufolge, zuzuschreiben ist. Wäre es dagegen zur Aufgabe gemacht, unter ähnlichen Bedingungen einen Kometen, etwa jenen von 1811 zu construiren, so müßte unbedingt zugestanden werden, daß die Stoffe und Kräfte, die wir als im Planetensystem wirkend bisher erkannt haben, dazu nicht ausreichen. Damit ist nun, wie ich glaube, bezeichnend genug ausgedrückt, daß wir hier auf einem ganz eigenthümlichen Felde uns befinden, wo selbst den möglicher Weise aufzustellenden Hypothesen die Stütze der Analogie und jener Grad von Zusammenhang fehlt, den man bei Darstellung der Planetenverhältnisse erreichen kann.

Es ist schwer, auch nur einen passenden Vergleich für einen Kometen unter den gewöhnlichen terrestrischen Erscheinungen aufzufinden. Am meisten Analogie damit möchte der aus einem abwärts gerichteten Rohre hervorströmende Dampf (Fig. 33) haben, der unten eine Wölbung bildet, dann hoch in die Luft hinaufsteigt. Ich stelle mir vor, daß bei den Kometen ein ganz ähnlicher Vorgang statt findet: auf der Seite des Kernes, welche der Sonne zugewendet ist, erhebt sich beständig (wahrscheinlich durch die Sonnenwärme) eine Dunstmasse, die von dem Kerne gegen die Sonne getrieben wird, von dieser aber abgestoßen seitwärts abfließt und in den Weltraum hinausfliegt. Mit Hinsicht auf diese Vorstellung will ich in dem Folgenden versuchen, die vorzüglichsten Eigenthümlichkeiten der Kometen und die merkwürdigsten Thatsachen, die bisher beobachtet worden sind, zusammenzustellen.

Als Kometentypus betrachte ich Fig. 34: c ist der Kern, abd der Kopf, den bisweilen ein unförmlicher Nebel e, (das Haar des Kometen genannt), umgibt; der Theil adfg bildet den Schweif.

74. Der Kern und die umgebende Nebelhülle. Der Kern hat niemals eine genau begränzte Gestalt, gewöhnlich erscheint er etwas länglich, bisweilen sogar mit einer Länge, die der sechs- oder achtfachen Dicke gleichkommt. Ob der Kern eine consistente Masse ist, oder vielmehr ob er eine consistente Masse in sich schließt, kann nach den bisherigen Beobachtungen nicht mit Bestimmtheit ausgesprochen werden. Eine Entscheidung hat man durch Sternbedeckungen zu gewinnen gesucht, und allerdings dabei erkannt, daß Sterne in der unmittelbaren Nähe des Mittelpunkts noch mit fast ungeschwächtem Lichte hindurch scheinen: eine vollkommen centrale Bedeckung ist bisher nicht beobachtet worden. Wenn übrigens eine feste Masse im Kerne liegt, so ist sie jedenfalls sehr klein, ein Resultat, welches schon daraus folgt, daß die Kometen nicht die geringste Störung im Planetensysteme hervorbringen, selbst wenn sie einzelnen Planeten sehr nahe kommen, zugleich aber auch durch direkte Beobachtung bestätigt wird. Herschel's Angaben zufolge hatte der Kern des Kometen von 1811 nur 100 Meilen im Durchmesser, und jener des Kometen von 1807 war kaum merklich größer. Bei dem Kern des Halley'schen Kometen gibt Bessel

Digitized by Google

an, daß sein Durchmesser jedenfalls nicht 30 Meilen betrug. Gleiche Größe hatte nach Schröter der Kern des Biela'schen Kometen bei seinem Erscheinen im Jahr 1805. Genaue Bestimmungen sind hier jedoch nicht zu erlangen, weil man wegen der umgebenden Dunsthülle oder Atmosphäre niemals bestimmte Grenzlinien erkennen kann.

75. Der Kopf. Den Kopf bildet eine paraboliſch geformte Nebelmasse die bei verſchiedenen Kometen ſehr verſchiedene Ausdehnung hat, auch an Größe von einem Tage zum andern veränderlich zu ſein ſcheint. Die größte Ausdehnung erlangte der Kopf des Kometen von 1811, deſſen Durchmeſſer Schröter zu 205,000 Meilen angibt. Bemerkenswerth iſt, daß der Kern nicht genau in der Mitte des Kopfes gewöhnlich liegt, ſondern gegen diejenige Seite hin, nach welcher die Bewegung des Kometen geht: es ſcheint, als wenn der Nebel gegen den Kern zurückbliebe.

Der Raum zwiſchen dem Kern und der äußern paraboliſchen Begrenzung des Kopfes iſt bisweilen ziemlich gleichmäßig mit Dunſt ausgefüllt, bisweilen bemerkt man einen oder mehrere Dunſtſtröme, die vom Kerne hinausgehen, wie Fig. 34 zeigt. Da, wo man keinen Dunſtſtrom bemerkt, nehme ich nichts deſto weniger an, daß der Dunſt, und zwar gleichmäßig, oder was eben ſo viel heißt, in einer unendlichen Menge kleiner Ströme vom Kern in der Richtung der Sonne aufſteigt. Noch ein Umſtand iſt dabei bemerkenswerth, nämlich daß der Dunſt vom Anfange geradezu gegen die Sonne ausſtrömt, nach und nach aber (wahrſcheinlich, wenn ſich die auf der Vorderſeite befindliche Materie verflüchtiget hat), die Strömung zurückweicht, und zuletzt auf die der Sonne entgegengeſetzte Seite kommt. Ob die Hülle, welche den Kern unmittelbar umgibt, aus demſelben Dunſte beſtehe, iſt nicht wohl zu entſcheiden, jedenfalls muß man aber annehmen, daß die Theilchen, welche bis zur Wölbung des Kopfes hinaufſteigen, anderen Kräften gehorchen als diejenigen, die am Kerne zurückbleiben.

Was das Haar betrifft, oder die unförmliche Nebelmaſſe, welche den Kopf bisweilen umgibt, ſo beſitzen wir über deren Beſchaffenheit und Verhalten keine weiteren Beſtimmungen, als daß ſie gewöhnlich Form und Ausdehnung von Tag zu Tag ändert. Nur an wenigen Kometen hat man eine ſolche Nebelmaſſe bisher bemerkt: vielleicht dürfte ſie blos als eine Abnormität zu betrachten ſein.

76. Der Schweif. Die Schweife der Kometen beſtehen aus durchſichtigem Dunſte, in ſeinem Verhalten dem Waſſerdunſte in ſo ferne ähnlich, als weder eine Ablenkung noch eine beträchtliche Schwächung des Lichtes der Sterne wahrgenommen wird, wenn ſie hindurch ſcheinen. Um frühere Wahrnehmungen ganz zu übergehen, können wir uns hier auf die Beobachtungen des Halley'ſchen Kometen von Beſſel am 29. September 1835 berufen, wo der Stern bis auf 6 oder 7 Sekunden zum Kerne hinkam, ohne daß eine Ablenkung des Lichtes ſtatt gefunden hätte. Uebrigens iſt Beſſel entſchieden der Anſicht, daß die Sterne an Helligkeit verlieren, wenn ſie durch einen Kometenſchweif geſehen werden.

Das eben Geſagte beweist, daß die Kometenſchweife nicht, wie Einige gemeint haben, aus einer gasartigen Materie beſtehen, denn jedes Gas lenkt die durchgehenden Lichtſtrahlen mehr oder weniger von der geraden Richtung ab.

Die Form des Schweifes iſt die eines hohlen Kegels, oder eines Kegelmantels, woraus ſich leicht erklärt, warum wir die Seiten weit deutlicher als die Mitte ſehen, und in der Mitte oft gar kein Licht wahrnehmen.

Der Dunſt, der den Schweif bildet, entwickelt ſich, der oben angenommenen Vorſtellung zufolge, aus dem Kometenkern, und eilt von der Sonne weg in

Digitized by Google

den Weltraum hinaus. Um bis zum Ende des Schweifes hinauszukommen, muß er, wie Brandes mit großer Wahrscheinlichkeit dargethan hat, in manchen Fällen über 14 Tage brauchen. Nun aber behalten die Theilchen natürlich die Geschwindigkeit bei, die der Komet hatte in dem Augenblicke, als sie ihn verließen, und so kann es denn kommen, daß das Ende des Schweifes sich mit derjenigen Geschwindigkeit fortbewegt, die der Komet selbst 14 Tage vorher hatte. War also die Bewegung des Kometen vorher langsamer — (wie es der Fall ist, wenn er sich in a, b (Fig. 35) der Sonne nähert, — so bleibt das Ende des Schweifes zurück; bewegte sich der Komet vorher schneller, und ist es im Nachlassen begriffen, wie es nach dem Durchgange durch die Sonnennähe bei c, d geschieht, so eilt das Ende des Schweifes voraus. *) Um einigermaßen einen Begriff von der Ausdehnung zu geben, welche die Kometenschweife erlangen können, bemerke ich, daß beim Kometen von 1811 am 10. September die Länge 12 Millionen Meilen und der Durchmesser am Ende weit über eine Million Meilen betrug.

Es ist, wie bereits oben angedeutet wurde, allgemeine Regel, daß die Kometenschweife in der Bahnebene liegen, und von der Sonne gerade abgewendet sind. Die einzige mir bekannte Ausnahme macht der Komet von 1824, der zwei Schweife zeigte, den einen auf der Sonnenseite, den andern von der Sonne abgewendet, jedoch so, daß sie nicht in gerader Linie waren, sondern einen stumpfen Winkel mit einander machten. **) Ich glaube, daß es keineswegs unmöglich ist, auch diese Erscheinung mit den vorhergehenden Grundsätzen zu vereinbaren; jedenfalls gewährt aber ein isolirter Fall zu einem Erklärungsversuche keine hinreichende Grundlage.

77. Das Licht der Kometen. Es ist noch eine Streitfrage unter den Astronomen, ob die Kometenkerne sowohl, als der Dunst, der sie begleitet, eigenes Licht haben, oder bloß von der Sonne erleuchtet werden. Im ersten Augenblicke könnte man glauben, daß es wenig Schwierigkeit hätte, die Quelle des Kometenlichtes zu entdecken: denn fürs Erste wird bei einem Körper, der nicht eigenes Licht hat, die von der Sonne abgewendete Seite im Schatten sein; fürs Zweite muß bei einem solchen Körper die Lichtstärke um so größer werden, je näher er der Sonne und der Erde kommt, während bei einem selbstleuchtenden Körper die Entfernung von der Erde allein die Lichtstärke bedingt. Nun aber treten hier die hinderlichen Umstände ein, daß der Kometen-

*) Die hierauf bezüglichen Verhältnisse sind vorzüglich von Brandes entwickelt worden, unter der Voraussetzung, daß die Sonne den Kometendunst nach denselben Gesetzen abstoße, wie sie die materiellen Theile anziehe. Annehmbarer finde ich indessen Sir J. Herschel's Ansicht, wornach der Dunst, welcher den Kometen begleitet, sowohl, als die Sonne electrisch wären, und zwar die Sonne nur eine Electricität, der Dunst aber beide Electricitäten besitze. Ist dieß der Fall, so muß sich der Kometenschweif immer nach der Sonnenrichtung zu stellen suchen, was mit der Beobachtung übereinstimmt. Auch die Krümmung des Schweifes und die Excentricität des Kerns folgen aus dieser Hypothese, und zwar werden beide Erfolge um so größer sein, je schneller sich der Schweif drehen muß. Es ist dadurch ein Kriterium gegeben, die Richtigkeit dieser Hypothese durch künftige Beobachtung zu prüfen.

**) Harding gibt den Winkel, wie er ihn am kleinsten sah, zu 138° an: ich vermuthe aber, daß der gegen die Sonne gerichtete Schweif, (den ich nicht für einen eigentlichen Schweif, sondern für eine Ausströmung halte), oscillirt habe, wie es bei dem Halley'schen Kometen der Fall war, weßhalb der Winkel in der Wirklichkeit zu verschiedenen Zeiten verschieden gewesen sein wird. Bei der Erklärung wird man den wesentlichen Umstand nicht übersehen, daß, während der eigentliche Schweif immer in gleicher Deutlichkeit sich zeigte, der gegen die Sonne gerichtete Lichtschein bald stärker, bald schwächer, bald gar nicht wahrnehmbar gewesen ist.

Digitized by Google

nebel das Licht durchläßt, also gar kein Schatten sich bildet, ferner, daß in den Kometen selbst augenscheinlich große Veränderungen vor sich gehen, und nie erkannt werden kann, in wie weit diesen und in wie weit der Distanz die vorkommende Zu- oder Abnahme des Lichtes zuzuschreiben ist. Somit können wir weder auf dem einen, noch auf dem andern Wege zu einer Entscheidung gelangen.

Auf eigenthümliche Weise hat Arago mittelst der Polarisation des Lichtes das Problem zu lösen gesucht. Es ist nämlich ein Lehrsatz der Optik, daß directes Licht keine polarisirten Strahlen enthalte, im reflectirten Lichte dagegen solche vorhanden sind. Arago glaubt nun aus seinen am Kometen von 1819 gemachten Wahrnehmungen, so sehr die Schwäche des Lichtes für entscheidende Versuche ungünstig war, den Schluß folgern zu dürfen, daß die Kometen uns reflectirtes Licht zusenden. Es ist damit gleichwohl noch nicht ausgesprochen, ob alles Kometenlicht von der Sonne erborgt ist, und ob nicht ein Theil wenigstens auf den Kometen selbst sich entwickelt. In der That wird kein Beobachter, der die Phänomene aufmerksam betrachtet, der Vorstellung sich erwehren können, daß am Kometenkern ein Entzündungsproceß, oder eine Verflüchtigung durch Hitze (wobei eine Lichtentwickelung stattfinden muß), vor sich geht.

78. Verschiedenheit der scheinbaren Gestalt. Wenden wir uns von der gegebenen Vorstellung der Kometenformen zu der Erscheinung, so muß nicht vergessen werden fürs Erste, daß wir nur diejenigen Theile der Kometenform wahrnehmen, die hinreichendes Licht gewähren; fürs Zweite, daß wir die Kometen, je nach der Stellung der Erde, von verschiedenen Seiten sehen. Der schwächste Theil ist immer der Schweif; deßhalb sehen wir in der Regel, (wenn der Komet von der Seite sich zeigt), blos die Seitentheile a und b (Fig. 36 [1]), wo der Nebel uns verdichtet erscheinen muß; nur in den seltensten Fällen ist es möglich, in der Mitte einiges Licht wahrzunehmen. Sehr häufig verschwindet der Schweif bis auf den Theil, der dem Kerne zunächst liegt (Fig. 36 [5]); bisweilen ist nur der Kern und etwa die Ausströmung des Lichtdunstes in einem oder zwei, wohl auch in mehreren Streifen zu sehen (Fig. 36 [6]), bisweilen kann man blos den Kern und seine nächste Umgebung (Fig. 36 [7]) wahrnehmen. Es ist überall dieselbe Figur in der Wirklichkeit, und doch, wenn man die scheinbaren Gestalten betrachtet, eine große Verschiedenheit.

Die scheinbare Kometenform ist auch deßhalb verschieden, weil uns der Komet verschiedene Seiten zeigen kann. Der Komet (Fig. 36 [1]) von der Richtung A angesehen, nimmt die Form Fig. 36 [2]), und von der Richtung B angesehen, die Form (Fig. 36 [3]) an. Der Umstand, daß wir nur in bestimmten Stellungen gegen die Sonne einen Kometen in starkem Lichte sehen können, bewirkt, daß wir in der Regel nur die Seitenansicht (Fig. 36 [1]) erhalten.

Im Alterthume glaubte man, daß es Kometen von verschiedener Natur und Gestaltung gebe, und Seneca zählt nicht weniger als 12 Klassen derselben auf. Daß keine wesentlichen Unterschiede bestehen, ist gegenwärtig wohl von allen Astronomen anerkannt: ob dieselben Stoffe, dieselben Kräfte, dieselben Bedingungen ihres Wirkens in allen Fällen stattfinden, möchte zwar nicht als entschieden, aber doch als wahrscheinlich anzunehmen sein. Ich meines Theiles schließe mich dieser Ansicht unbedenklich an und halte dafür, daß nur in der Größe bei den Kometen ein wesentlicher Unterschied bestehe.

Aus dem Obigen läßt sich schließen, daß man bei verschiedenem Zustande der Luft die Kometen in verschiedener Gestalt sehen müsse. Die Erfahrung hat dieß besonders hinsichtlich der Ausdehnung des Schweifes bestätiget, wie folgende Beobachtungen des großen Kometen von 1769 zeigen:

Digitized by Google

	Länge des Schweifes beobachtet in		
	London (Maskelyne)	Paris (Messier)	Insel Bourbon (La Nux)
28. Aug.	7°	15°	20°
9. Sept.	43	55	60

In gleicher Weise müssen verschiedene Personen, je nach der Schärfe des Gesichtes, die Ausdehnung verschieden sehen; so hat bei dem eben erwähnten Kometen am 9. Sept. Pingré in Paris die Schweiflänge zu 75° bestimmt, während Messier in derselben Stadt nur 55° fand. Aus demselben Grunde erklärt sich die in manchen Fällen beobachtete plötzliche Verlängerung und Verkürzung der Kometenschweife, sowie das sogenannte Strahlenschießen, wobei einzelne Theile oder Striche des Schweifes plötzlich verschwinden und wieder zum Vorscheine kommen.*)

79. Größe der Kometen. Die Kometen sind nicht etwa Körper von bestimmter und durchgängig gleicher Größe, sondern es gibt große und kleine Kometen, wie es Planeten von sehr verschiedener Größe gibt. Bei gleicher Annäherung an die Erde und die Sonne, also bei gleich vortheilhafter Stellung zeigt der eine Komet einen nur in Fernröhren wahrnehmbaren Nebel, während ein anderer eine gewaltige Lichtmasse entwickelt und dem freien Auge den schönsten Anblick darbietet.

Die Größe der Planeten bestimmen wir nach Gewicht (Masse) und Durchmesser (oder auch Volumen). Aehnliche Maaßbestimmungen lassen sich bei den Kometen nicht anwenden, denn ihre Masse ist zu klein, um nach den gegenwärtigen Methoden ermittelt zu werden, und das Volumen ändert sich nicht blos von Tag zu Tag, sondern von Stunde zu Stunde nach Gesetzen, die wir jetzt noch nicht kennen. In so ferne wir die Kometen classificiren wollen, bleibt uns nichts übrig, als ihre scheinbare Helligkeit, die theils von der Größe, theils von der Entfernung abhängt, zu berücksichtigen. Hiernach unterscheiden wir Kometen, die mit freiem Auge sichtbar sind, und teleskopische Kometen, die nur mit dem Fernrohre wahrgenommen werden können.

Die Kometen können unter besonders günstigen Umständen einen so großen Glanz erlangen, daß sie alle übrigen Himmelskörper, die Sonne ausgenommen, übertreffen: in solchen Fällen sind sie sogar am hellen Tage mit freiem Auge sichtbar.**)

Beispiele solcher Lichtstärke haben folgende Kometen dargeboten:

großer Komet von 363 nach Chr.
" " " 1106
" " " 1402

---

*) Fast beständig und sogar in den heitersten Nächten ziehen ganz dünne kleine Wolken oder Dunstmassen durch die Luft, deren Dasein man gar nicht wahrnimmt, bis man seine Gegenstände zu beobachten anfängt, die dann abwechselnd verschwinden und wieder zum Vorschein kommen. Bei ganz schwachen Sternen, Kometen, Nebelflecken hat man fast immer Gelegenheit, dieß zu beobachten.

**) Es gibt nur einen Körper in unserm Planetensysteme, der zu allen Tageszeiten sichtbar wäre, nämlich der Mond, wenn er der Sonne nicht zu nahe ist (etwa 50° bis 60° Entfernung): auch Venus, wenn sie eine günstige Stellung hat, kann noch drei bis vier Stunden vor Sonnenuntergang oder nach Sonnenaufgang wahrgenommen werden, besonders in südlichen Ländern, wo man eine durchsichtigere Atmosphäre hat. Nach dem Berichte Herschel's ist dieß namentlich am Cap d. g. H. der Fall. Wenn demnach ein Komet an Lichtstärke die Venus übertrifft, oder wohl gar der Helligkeit der Mondoberfläche nahe kommt, so kann er am hellen Tage gesehen werden.

Digitized by Google

großer Komet von 1532
" " " 1577
" " " 1744
" " " 1843

Besonders merkwürdig ist der Komet von 1843, der am 28. Febr. (jedoch nur an diesem, nicht an den folgenden Tagen) so großen Glanz entwickelte, daß er neben der Sonne gesehen werden konnte: in solcher Stellung ist er sowohl in Europa, als auch in Amerika entdeckt worden. Kennt man den Ort eines Kometen so genau, daß man ein Fernrohr darauf richten kann, so ist es ebenfalls möglich, ihn bei Tage zu beobachten, aber nur wenn er sehr große Lichtstärke hat. So wurde der Hind'sche Komet am 30. März 1847 von drei Beobachtern in London, in Truro und auf der Insel Anglesey zu Mittag nur 2° von der Sonne entfernt, wahrgenommen: er erschien im Fernrohre sehr blaß mit rundem Kerne und der Schweif einer dünnen Rauchsäule ähnlich. Hind, der voraus auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht und den Ort des Kometen berechnet hatte, gab die Lichtstärke 100mal größer, als die eines Sterns erster Größe an.

So zahlreich die Kometenerscheinungen überhaupt sind, so gehören doch die großen Kometen zu den Seltenheiten. Man kann nur einen mit freiem Auge sichtbaren Kometen auf je fünf Jahre rechnen, und alle 150 Jahre kommt einmal der Fall vor, daß man einen Kometen bei Tag sieht.

80. Der Halley'sche Komet im Jahre 1835—36. Die letzte Erscheinung des Halley'schen Kometen bildet eine Epoche in der Kometenforschung und hat uns der Erkenntniß dieser eigenthümlichen Körper näher gebracht, als die sämmtlichen Kometenerscheinungen, die vorausgegangen sind, nicht als wenn darauf eine Theorie schon jetzt begründet werden könnte, sondern weil bestimmte Thatsachen sich dabei herausgestellt haben und bestimmte Fragen angeregt worden sind, so daß jetzt blos eine aufmerksame Beobachtung künftig erscheinender Kometen erforderlich ist, um darüber in's Klare zu kommen. — Es wäre rein unmöglich, alle Gegenstände, welche der Himmel uns darbietet, zu berücksichtigen, weil ihrer unendlich viele sind; deßhalb wählen die Beobachter einzelne Phänomene, und wenden in der Regel ihre Aufmerksamkeit nur denjenigen Phänomenen zu, welche eine Bedeutung haben. So kann es denn geschehen, daß auch die gewöhnlichsten Erscheinungen unbeachtet bleiben, bis ein glücklicher Zufall, oder der durchdringende Geist eines gewandten Forschers ihre Bedeutung hervorhebt; sind sie einmal auf solche Weise in den Kreis astronomischer Untersuchungsgegenstände eingeführt worden, so hängt ihre Ergründung nur mehr von dem Verlaufe der Zeit ab. So wußte man schon ein paar Jahrhunderte vor W. Herschel's Zeit, daß es viele Sternenpaare am Himmel gibt, die einander sehr nahe stehen, aber sie wurden von Niemanden beachtet, bis Herschel die wichtige Entdeckung machte, daß zwischen solchen Sternen ein physischer Zusammenhang bestehe, und daß ihre Beobachtung uns zu einer nähern Kenntniß der Sternenwelt führe.

Die vorhergehenden Betrachtungen glaubte ich anführen zu müssen, weil sie den Entwickelungsgang der Astronomie überhaupt characteristisch bezeichnen, und insbesondere im Auge behalten werden müssen, wenn man die Bedeutung folgender Thatsachen gehörig würdigen will.

Als der Halley'sche Komet am 2. Okt. 1835 sich der Erde bis ungefähr auf ½ Sonnenweite genähert hatte, bemerkte Bessel, daß vom Kerne, der nicht über 30 Meilen im Durchmesser haben konnte, eine fächerförmige

Digitized by Google

Ausströmung von Lichtmaterie (Fig. 37) ungefähr in der Richtung nach der Sonne statt fand; diese Ausströmung konnte auf eine Ausdehnung von mehr als 600 Meilen deutlich erkannt werden. Am 8. Okt. dauerte die Ausströmung in etwas veränderter Gestalt fort, jedoch war es bereits augenfällig, daß sie nicht mehr genau nach der Sonne gerichtet war, und daß ihre Lage seit dem 2. Okt. sich wesentlich geändert habe. Durch diese Wahrnehmung fand sich Bessel bewogen, an allen folgenden Beobachtungstagen auf die Richtung der Ausströmung besondere Aufmerksamkeit zu wenden. Der merkwürdigste Tag war der 12. Okt.; von 6 Uhr Abends bis 2 Uhr in der Nacht konnte ununterbrochen der Komet beobachtet und die Aenderung der Ausströmungsrichtung in ihrem Fortschreiten wahrgenommen werden: die Aenderung betrug nicht weniger als 48° in 8 Stunden. Wünschenswerth wäre es gewesen, daß alle Tage der Komet hätte beobachtet werden können, es würde alsdann der Uebergang von einer Richtung zur andern mit Bestimmtheit sich haben nachweisen lassen. So wie aber das Mißgeschick es haben wollte, sind von der Periode von 23 Tagen, auf welche die Beobachtungen sich ausdehnen, nicht weniger als 15 Tage wegen bedeckten Himmels ausgefallen. Die Messungen der übrigen 8 Tage hat Bessel zusammengestellt und durch eine einfache Hypothese zu vereinigen gesucht. Als Ergebniß macht er es durch verschiedene Gründe sehr wahrscheinlich, daß die Ausströmung in der Ebene der Bahn wie ein Pendel oder Magnet regelmäßige Schwingungen von c a bis c d beiderseits von der Mittelrichtung (oder Sonnenrichtung) c b gemacht habe. Die Dauer einer Schwingung setzt er auf 2 Tage 7 Stunden fest und die größte Ausweichung auf 60 Grade, so daß der ganze Bogen ad 120 Grade beträgt, und in 2 Tagen 7 Stunden durchlaufen wird. Wäre der Kern des Kometen länglich, so würde in der That durch die gewöhnliche Anziehung der Sonne eine schwingende Bewegung sich erklären lassen: jedoch müßte sie viel langsamer sein, als oben gefunden worden ist. Bessel schließt, daß demnach eine von der gewöhnlichen Attraction verschiedene Kraft auf die Kometen wirke, und daß sie eine Polarkraft, der magnetischen und electrischen analog, sei, wodurch die eine Hälfte des Körpers eben so stark abgestoßen, als die andere angezogen wird. Ohne diese Annahme würde auch der Lauf der Kometen um die Sonne ein anderer sein, als er zufolge des gewöhnlichen Gravitationsgesetzes sein müßte: die Beobachtung aber zeigt, daß der Lauf genügend durch das Gravitationsgesetz allein dargestellt wird.

Die von Bessel beobachtete Erscheinung ist in zweifacher Hinsicht merkwürdig: einmal als eine neue Eigenthümlichkeit, wodurch das Wesen der Kometen näher bezeichnet wird, dann auch als ein Beweis von dem Vorhandensein einer neuen Kraft, die zwar bereits, um die Entstehung der Schweife zu erklären, vermuthet worden war, hier aber näher characterisirt wird. — Bessel hat übrigens vorausgesetzt, daß die Ausströmung stets von demselben Punkte des Kometenkerns ausgegangen ist: ich brauche kaum zu bemerken, daß, wenn man annehmen wollte, es gehe der Strom abwechselnd von dem einen oder andern Punkte mit hervortretender Intensität aus, die Schlüsse sich ganz anders gestalten müßten. Die sorgfältigen von Schwabe entworfenen Zeichnungen des Halley'schen Kometen scheinen fast die letztere Hypothese mehr zu begünstigen.

Eine kaum minder merkwürdige Erscheinung ist von Herschel am Cap d. g. H. beobachtet worden, nachdem der Komet durch die Sonnennähe gegangen war. Am 25. Jan. 1836 bestimmte Herschel den Durchmesser des Kometenkopfes, und als er zwei Stunden später die Messung wiederholte, fand er zu seinem Erstaunen, daß der Durchmesser bedeutend zugenommen habe. Die Beob-

Digitized by Google

achtung der folgenden Tage zeigte ein immerwährendes Zunehmen, und bis zum 11. Febr., also in 17 Tagen, war die Größe des Kopfes auf das 74fache angewachsen. Als Herschel seine Messungen verglich, fand er, daß die Zunahme gleichmäßig, d. h. der Zeit vollkommen proportional gewesen war, woraus er dann rückwärts schloß, es müsse am 22. Jan. der Komet gar keine Dunsthülle, sondern bloß einen Kern gehabt haben. Wirklich war der Komet an diesem Tage von Boguslawsky in Breslau ähnlich einem Fixsterne gesehen worden.*) Sind diese Bestimmungen gleich nicht hinreichend, um uns über die Ursache aufzuklären, so setzen sie wenigstens außer Zweifel, daß ein einfaches Gesetz hier zu Grunde liegt: die sorgfältige Beobachtung der Dimensionen künftiger Kometen muß uns umständlichere Belehrung und die nöthigen Anhaltspunkte weiterer Untersuchung gewähren.

81. Theilung der Kometen. Kepler erwähnt in seinem Buche über die Kometen von 1607 und 1618 ein paar ältere Angaben, wo Kometen sich getheilt haben sollen; indessen kann man mit aller Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Angaben als unzuverläßig zu betrachten, oder anders auszulegen sind. Die ersten umständlich erzählten Nachrichten über vorgekommene Theilung der Kometen finden sich in Hevel's Kometographie, wo die Kometen von 1618, 1652, 1661, 1664 als bestehend aus mehr als einem Kern angegeben werden. Hevel betrachtet dieß sogar als Regel, und sieht die Kometen von 1672 und 1682, wo er nur einen Kern wahrgenommen hatte, als Ausnahme an. Da später von keinem Astronomen eine solche Theilung gesehen worden war, so schien man geneigt, den Beobachtungen Hevel's weniger Zutrauen zu schenken,**) bis die Erscheinung des Biela'schen Kometen im Jahre 1846 allem Zweifel ein Ende machte.

Schon in der Mitte Januars bemerkte man neben dem Hauptkopfe einen kleinen hellen Flecken, — gleichweit von der Sonne entfernt und etwas nördlich

*) Ich habe mit dem großen Refractor der Münchener Sternwarte den Kometen schon am 14. Jan. nach seinem Durchgang durch die Sonnennähe aufgefunden, und ihn am 19., 20. und 21. Jan. beobachtet. Er hatte damals das Ansehen, welches die Kometenkerne gewöhnlich haben: eine ausgedehntere Nebelhülle um den Kern habe ich nicht bemerkt; ich darf aber nicht unerwähnt lassen, daß ich eine solche, wenn sie auch vorhanden gewesen wäre, kaum wahrgenommen haben würde, theils wegen der Morgendämmerung, theils wegen des niedrigen Standes des Kometen. Nach dem 21. Jan. trübte sich der Himmel; am 27. Jan. aber sah ich den Kometen wieder: er bot einen glänzenden Anblick dar, ganz wie ihn die von Herschel am Cap d. g. H. entworfene Zeichnung darstellt, mit dem einzigen Unterschiede, daß der schwache unförmliche Nebel oder das Haar, welches einen Theil des Kopfes umgab, von mir nicht wahrgenommen wurde. Dieser Nebel hatte sich nach Herschel's Angabe in bedeutender Masse am 25. Jan. gezeigt, und obwohl er an den folgenden Tagen beständig abnahm, so war noch ein beträchtlicher Theil am 27. übrig; selbst am 28. Jan. konnte eine schwache Spur wahrgenommen werden. Am 28. Jan. sah Herschel den Kern des Kometen vollkommen rund und begrenzt, nur etwas undeutlich wegen der umgebenden dichten Nebelhülle: der Durchmesser des Kerns betrug nach seiner Schätzung 230 Meilen. Vergleicht man diese Bestimmung mit der Bessel'schen (Anfang dieses §), so muß man nothwendig annehmen, daß sowohl der Kern, als die Hülle einer gewaltigen Aenderung des Volumens unterliegt.

**) Die gränlichen Kometengestalten, die man in Hevel's Cometographia dargestellt findet, sind größtentheils bloße Phantasieprodukte; sogar bei den Kometen, die er selbst beobachtet hat, kann man seine Abbildungen unmöglich für naturgetreue halten. Es ist aber auch die Frage, wie die Zeichnungen Hevel's zu deuten sind. Bei dem, was im Texte gesagt ist, bin ich mehr der Ansicht anderer Astronomen, als meiner eigenen gefolgt, denn, wenn ich die Zeichnungen genauer betrachte, so scheint mir, als wenn Hevel in dem einen oder andern Kometen die oben erwähnten Ausströmungen, die er für helle Flecken — für Kometenkerne — ansah, bemerkt hätte und dann auf die Idee gekommen wäre, es seien solche Kometenkerne in größerer oder kleinerer Anzahl allen Kometen eigen. Zwei Köpfe oder zwei Schweife bemerke ich bei Hevel nirgends.

Digitized by Google

dem Hauptkopfe folgend, — der allmälig an Licht zunahm und einen Schweif parallel mit dem Schweife des Hauptkopfes ausgesendet hat. Die Lichtzunahme des zweiten Kopfes war am stärksten vom 11. bis 12. Febr. Bis zum 14ten Febr. hatte der Nebenkopf zugenommen, der Hauptkopf war dagegen so schwach geworden, daß er kaum mehr zu erkennen war; am 18. Febr. hatte der Hauptkopf wieder seinen Glanz gewonnen; am 21. waren beide Köpfe gleich, dann nahm der nördliche Kopf wieder ab, so lange der Komet verfolgt werden konnte.

Plantamour leitete aus den Beobachtungen ab, daß sich die wahre Entfernung, die etwa 38 Erdhalbmesser betrug, während der ganzen Sichtbarkeit so ziemlich gleich blieb; indessen ist das Resultat nicht von Voraussetzungen frei, deren Stattfinden sich nicht erweisen läßt. Jedenfalls hat uns die letzte Erscheinung des Biela'schen Kometen eine neue und wichtige Thatsache geoffenbaret, und die Astronomen sehen mit Interesse der künftigen Erscheinung entgegen.

Ich erinnere hier noch an den großen Kometen von 1807, der zwei Schweife fast in gleicher Richtung ausgesendet hat. Zwar erwähnen die damaligen Beobachter nichts, was uns berechtigte, zwei Köpfe, (die jedenfalls einander fast bedeckt haben müßten) anzunehmen; dennoch scheint es mir keineswegs unwahrscheinlich, daß die zwei Schweife von zwei Köpfen ausgegangen seien. Aehnliches gilt vom Kometen von 1577.

82. Stoffe der Kometen und wirkende Kräfte. Ich habe im Vorhergehenden die Form der Kometen und die darauf vorkommenden Aenderungen zu bestimmen gesucht, und glaube, daß alle beobachteten Erscheinungen sich mit der hier gegebenen Vorstellung leicht vereinbaren lassen. Will man aber dann in den sonstigen Vorgängen der Planetenwelt Analogien suchen, — Fälle, wo ähnliche Kräfte und ähnliche Substanzen einen ähnlichen Erfolg hervorbringen — so möchte kaum ein befriedigendes Resultat erlangt werden. Einen Dunst, der Licht genug aussendet oder reflectirt, um aus so ungeheurer Entfernung*) noch wahrgenommen zu werden, einen Dunst, der bis auf 12 Millionen Meilen, und zwar in regelmäßiger Form sich ausbreitet, kennen wir im Planetensysteme sonst nicht. Ferner fliegt dieser Dunst von der Sonne weg: wir müssen also eine abstoßende Kraft hier annehmen, während im ganzen übrigen Weltgebäude nur Anziehung wahrgenommen wird. Endlich ist nicht leicht zu sagen, wie die enorme Dunstmasse, die vom Kometen ausgesendet wird, wieder zurückkommt, oder wie es geschieht, daß der ausgesendete Dunst nicht eine Aenderung des Schwerpunktes und damit eine Aenderung des Laufes (wovon keine Spur bisher bemerkt worden ist) herbeiführt. Gegenwärtig nehmen die meisten Astronomen, wie schon oben angedeutet wurde, eine Polarkraft an,**) die man als gleichbedeutend mit unserer Electricität betrachten kann, so zwar,

*) Der Halley'sche Komet hat am Ende Jan. 1836 aus einer Entfernung von 30 Millionen Meilen eine große Lichtstärke gezeigt, und der Komet von 1811 war noch bemerklich, als er 70 Millionen Meilen von der Erde und 90 Millionen Meilen von der Sonne entfernt war.

**) Faßt man bloß den Umstand ins Auge, daß die Theilchen des Kometenschweifes von der Sonne sich entfernen, so würde die Annahme einer Atmosphäre um die Sonne, wo die Theilchen aufsteigen wie der Rauch in unserer Luft, eine genügende Erklärung geben. Schon Kepler hat diese Hypothese aufgestellt. Noch zweckmäßiger wäre es, anzunehmen, daß die Aetherheilchen an der Vorderseite des Kometenkerns entzündet oder electrisirt werden und dann in den Weltraum hinausfliegen: in diesem Falle würde der Schweif den Kometen nur begleiten, nicht dazu gehören. — Vielleicht dürfte das Zodiacallicht mit den Kometenschweifen in seiner Entstehung Aehnlichkeit haben.

Digitized by Google

daß die Sonne nur eine Electricität (positive oder negative), die Kometen dagegen beide Electricitäten zugleich haben. Setzt man voraus, daß der Dunst, der die Kometen begleitet, electrisch ist, und zugleich vom Kerne angezogen wird, so läßt sich die Gestalt des Kopfes und Schweifes, desgleichen auch die Lage des Schweifes sehr befriedigend erklären; auch die Abnahme der Umlaufzeit, die Encke dem Widerstande des Aethers zuschreibt, würde, wie Herschel bemerkt hat, als Folge der allmäligen Abnahme der electrischen Spannung betrachtet werden können. Auf solche Weise wären schon sehr merkwürdige Andeutungen gewonnen; vergessen dürfen wir übrigens nicht, daß die Erweiterung unserer Kenntnisse in diesem interessanten Felde nicht im jetzigen Augenblicke durch Speculation zu bewerkstelligen ist, sondern der Zukunft gehört, und auf fleißige Beobachtung und sorgfältige Aufzeichnung aller wahrzunehmenden Umstände begründet werden muß.

Außer der gewöhnlichen Beobachtung können auch besondere Gelegenheiten vorkommen, die uns dazu verhelfen dürften, manche der wichtigsten Fragen unmittelbar und mit Bestimmtheit zu lösen. So ist z. B. durch spätere Berechnung mit großer Wahrscheinlichkeit ermittelt worden, daß die Erde am 26. Juni 1819 durch den Schweif eines Kometen gegangen ist; und wenn ein ähnlicher Fall, durch Berechnung vorausverkündigt, wieder eintreten sollte, so wäre es keineswegs unmöglich, daß wir dadurch eine nähere Kenntniß der Materie, aus welcher der Schweif besteht, erhielten.

83. Mögliche Auflösung der Kometen oder künftige Verwandlung in Planeten. Wir haben schon oben den Umstand berührt, daß die Theilchen, die den Schweif bilden, bis auf mehr als 12 Millionen Meilen von den Kometen bisweilen sich entfernen, und daß man Mühe hat, sich zu erklären, wie sie wieder zurückgezogen werden sollen. Es ist von Einigen angenommen worden, daß sie gar nicht mehr zurückgehen, sondern im Raume sich zerstreuen, woraus dann eine allmälige Auflösung der Kometen folgen würde. Schon Kepler hat diese Hypothese ausgesprochen, die in neuerer Zeit wiederholt vorgebracht worden ist; einen geschichtlichen Grund hat sie übrigens nicht, im Gegentheile scheinen die wenigen geschichtlichen Angaben, die wir haben, eher zu ihrer Widerlegung geeignet; so finden wir z. B. aus dem Kometenverzeichnisse (§. 43), daß der Halley'sche Komet schon ein paar Jahrtausende in seiner Bahn herumgeht, ohne daß man Grund hätte, eine Abnahme seiner Materie anzunehmen.

Eine andere Meinung ist ebenfalls häufig geltend gemacht worden, wonach die Kometen allmälig sich verdichten und zuletzt in Planeten übergehen sollen. Die Verdichtung wäre an und für sich nicht unmöglich; ferner würde, wenn man einen widerstehenden Aether annimmt, die allmälige Annäherung an die Form der Planetenbahnen eine nothwendige Folge sein; woher aber die Masse kommen soll, die zu einem Planeten gehört, dafür gibt die Hypothese keine Erklärung; jedenfalls kann keiner unserer jetzigen Planeten aus einem Kometen entstanden sein.

Digitized by Google

V. Uebersicht des Planetensystems mit Rücksicht auf Bewohnbarkeit.

84. Das Verhältniß des Menschen zum Weltgebäude. Im Vorhergehenden sind die wenigen Bestimmungen zusammengestellt, die bisher über die Verhältnisse der Planeten haben gewonnen werden können, in so ferne sie gleichsam als Individuen des Systems erscheinen. Von dem dabei gewählten astronomischen Standpunkte fassen aber die Wenigsten unter denjenigen, die zur Beschauung des Himmels sich angezogen fühlen, das Weltgebäude zunächst auf: den Hauptgegenstand der Wißbegierde hat von jeher die Aehnlichkeit der Planeten mit unserer Erde und die Existenz vernünftiger Wesen auf denselben, oder überhaupt die Ermittelung der Endzwecke, welche durch die vorhandenen Einrichtungen erreicht werden sollen, gebildet. Von früherer Zeit besitzen wir hierüber die mannigfaltigsten Speculationen, und in keiner Epoche hat man eifriger, als in unseren Tagen, an demselben Thema gearbeitet. Stillschweigend wird dabei vorausgesetzt, daß das ganze Weltgebäude des Menschen wegen ins Dasein gerufen sei, und daß dem Menschen der Besitz der Welt gebühre. Freilich sieht es in der Praxis, wenigstens bei uns Erdbewohnern, ziemlich mißlich mit diesem Besitze aus; nicht blos ist uns der Zugang in den Weltraum verschlossen und sogar die Möglichkeit benommen, auf irgend eine Weise zu genauer Erkenntniß des dort Bestehenden zu gelangen, sondern es geht uns auch auf unserm eigenen Planeten nicht viel besser, denn die höhern Regionen des Luftkreises, wie das Innere der Erde, die Gegenden des Süd- und Nordpoles sind uns bis jetzt eben so unzugänglich geblieben, wie Saturn und Uranus. Zwar ist es nicht meine Absicht, das Verhältniß des Menschen zum Weltgebäude, was ganz und gar außer dem Kreise astronomischer Erkenntniß liegt, hier näher zu erörtern, jedoch glaube ich bei der Wichtigkeit, welche in so vielen populären Schriften darauf gelegt worden ist, ein paar Umstände hervorheben zu müssen, mehr um die Unsicherheit der Speculation überhaupt zu bezeichnen, als um irgend ein positives Resultat festzustellen.

85. Licht und Wärme im Planetensystem. Zwei Kräfte oder Agentien gibt es, die vorzugsweise die Erhaltung und Förderung der menschlichen Existenz bedingen — Licht und Wärme: diese theilt die Sonne ihren Planeten nach ihren Entfernungen mit. Je weiter man in den Weltraum hinausgeht, desto kleiner erscheint die Sonne, desto weniger wird sie unter Voraussetzung übrigens gleicher Verhältnisse die Planeten erleuchten und erwärmen; und zwar erhält Merkur $6\frac{1}{2}$mal so viel, als die Erde, während zum Neptun nur der 900ste Theil dessen, was wir haben, gelangt. Vom Neptun aus mag die Sonne ungefähr so erscheinen, wie uns Venus, wenn sie als Morgen- oder Abendstern ihren größten Glanz erreicht. Obwohl für die Zwecke der menschlichen Gesellschaft eine solche Beleuchtung allerdings ein höchst ungünstiger Umstand wäre, so kann man doch keineswegs sagen, daß dadurch die Möglichkeit menschlicher Existenz ausgeschlossen wird. In so ferne es also nur um das Licht sich handelt, glaube ich, daß in jedem Planeten die menschliche Natur bestehen könnte: weder der Glanz der Sonne auf dem Merkur, noch die graue Dämmerung auf den entferntesten Planeten würde auf einen Organismus zerstörend einwirken, der, wie die Erfahrung lehrt, das helle Licht der

Digitized by Google

Tropenländer und die sparsame Beleuchtung eines grönländischen Winters gar wohl durch Gewöhnung auszuhalten im Stand ist.

Anders verhält es sich mit der Wärme, die allerdings zwischen ziemlich engen Gränzen gehalten werden muß, wenn der menschliche Organismus dabei bestehen und gedeihen soll; und wäre die Entfernung von der Wärmequelle, allein zu berücksichtigen, so würde es ohne Zweifel mit den äußersten Weltkörpern übel aussehen. Indessen bieten sich hier mehrere Betrachtungen dar, welche der Frage eine andere Gestaltung geben. Einerseits wissen wir aus der Untersuchung unserer Erde, daß sie im Innern eine große Wärmmenge birgt, die sie ganz gewiß der Sonne nicht zu verdanken hat; anderseits erscheint die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen ganz unwirksam da, wo nicht die atmosphärischen Verhältnisse begünstigend mitwirken. Was hilft dem Gipfel des Aetna die große Wärmemenge, die er empfängt? In dem Maße, als die Wärme sich entwickelt, strahlt sie wieder in den Weltraum aus, und läßt den kahlen Gipfel mit ewigem Schnee bedeckt, während die umgebenden Ebenen Siciliens, durch eine dichtere Atmosphäre geschützt und weniger der Luftbewegung ausgesetzt, überflüssige Hitze haben. Selbst an ein und demselben Punkte der Erde hat der atmosphärische Zustand einen großen Einfluß. Jedermann weiß aus eigener Erfahrung, wie schnell in einer ganz hellen Nacht die Temperatur sinkt, und wie eine Kälte eintritt, die niemals zu Stande kommt, wenn eine Wolkendecke die Ausstrahlung hindert. Welchen Grad eigener Wärme die einzelnen Planeten besitzen und in wie ferne eine umgebende Dunsthülle sie vor zu großer Ausstrahlung schützt, wissen wir nicht. Unwahrscheinlich übrigens kommt es mir keineswegs vor, daß die äußern Planeten durch eine wolkenartige Masse bedeckt sind, und somit dürfte die oft ausgesprochene Vorstellung von der vorgeblichen tiefen Temperatur und dem starren Klima jener Himmelskörper wesentliche Modificationen erleiden. Bis jetzt ist kein unabweisbarer Grund vorhanden, der uns zu dem Schlusse berechtigte, daß nicht auch auf dem Saturn und Uranus eine für den thierischen Organismus erträgliche Temperatur zu finden sei.

Was die Abwechslung von Licht und Finsterniß, von Wärme und Kälte betrifft, so lehrt uns schon die unmittelbare Anschauung, daß unter den Planeten die verschiedenartigsten Verhältnisse sich vorfinden; dabei würden die längern, nicht die kürzern Perioden die Lebensverhältnisse der Menschen am meisten modificiren. Ein Jupiterstag von fünf Stunden und eine Nacht von gleicher Länge — die kürzeste Abwechslung, welche wir antreffen, — möchte für uns nicht schwer zu gewöhnen sein: aber schon eine Licht- und Finsternißabwechslung von 29 Tagen, wie auf dem Monde, wäre höchst unbequem und eine vierzehnjährige Finsterniß unter dem Schatten des Saturnsringes, oder eine 42jährige Nacht auf den Polen des Uranus ließe sich keineswegs mit den Verhältnissen des Erdenlebens vereinbaren. Eine merkwürdige Thatsache ist es übrigens, daß auf jedem Planeten Zonen oder Striche angetroffen werden, wo kürzere Abwechslung statt findet, und wir haben als wahrscheinlich anzunehmen, daß die Bewohner der Planeten, wenn es solche gibt, an den für ihre Existenz geeigneten Theilen sich niederlassen, oder um dem nachtheiligen Einflusse des klimatischen Wechsels sich zu entziehen, Wanderungen vornehmen müssen, wie dieß auch auf der Erde der Fall ist.

86. Die Schwere. Eine der Hauptbedingungen, die bei den Verhältnissen organischer Wesen in Betracht kommt, ist die Schwere. Der Bau des menschlichen Körpers, die Stärke und Größe seiner Glieder eignet sich nur für die Größe der Schwerkraft, wie sie auf der Erdoberfläche statt findet: dasselbe

Digitized by Google

ist bei allen organischen Wesen der Fall. Wäre die Schwerkraft auf der Erdoberfläche so groß, wie auf dem Jupiter, so würden die Aeste der Bäume abbrechen und ein großer Theil der Pflanzen zu Boden sich neigen. Sogar die Gestaltung der Oberfläche hängt damit zusammen: große Höhen und Tiefen werden da, wo die Schwerkraft mächtig ist, nicht vorhanden sein, weil die Theilchen von jeder schiefen Fläche abgleiten, und alles nach und nach sich ebnen muß. Ohne Zweifel ist die gewaltige Höhe der Mondberge zum Theile dadurch bedingt, daß die Schwere dort sechsmal geringer ist, als bei uns.

Will man mehr in das Detail menschlicher Verhältnisse eingehen, so trifft man überall den Einfluß der Schwere an. Die Ernährung des Körpers, die Beschützung vor verderblicher Einwirkung von Außen, Wohnungen, Städte, Transport und Verkehr, und so viele andere Bedingungen der Civilisation erfordern eine Ueberwindung der Schwere durch die Kraft der menschlichen Glieder. Was wir übrigens durch Betrachtungen dieser Art gewinnen, ist blos ein negatives Resultat: es folgt nämlich daraus, daß, da an den übrigen Planeten im Allgemeinen die Schwere ganz anders ist, als auf der Erde, die Verhältnisse der Erdbewohner für andere Planeten nicht passen, und daß in dieser Beziehung alle auf Analogie begründeten Schlüsse unbedingt zu verwerfen sind.

87. Luft und Wasser. Ein bemerkenswerther Umstand bei dem organischen Leben ist, daß jedes organische Wesen einer umgebenden Flüssigkeit — Luft oder Wasser — bedarf. Es würde kaum der Mühe sich lohnen, eine Vermuthung darüber auszusprechen, ob die Körper unsers Sonnensystems überhaupt, wie die Erde, solche Bedingungen des organischen Lebens darbieten, denn dabei bliebe uns nur die Wahl, mit bodenlosen Hypothesen den Leser zu unterhalten, oder die aufrichtige, aber eben nicht tröstliche Versicherung zu geben, daß weder etwas bisher darüber ermittelt werden konnte, noch die geringste Aussicht gegeben ist, Bestimmtes mit der Zeit zu erfahren. Nur ein Himmelskörper macht hier eine Ausnahme, nämlich der Mond. Seine größere Nähe gestattet eine genauere Untersuchung, und wir haben bereits oben (§. 65) gesehen, daß die zwei nothwendigsten Erfordernisse des animalischen Lebens daselbst fehlen, und daß menschliche Wesen, wie wir sind, auf dem Monde nicht bestehen können.

Es bieten sich indessen hier zweierlei Betrachtungen dar. Fürs Erste finden wir schon auf der Erde — der großen Unterschiede der Land- und Wasserthiere gar nicht zu gedenken — an verschiedenen Theilen sehr verschiedene Organismen, so wie eben die klimatischen Verhältnisse es erfordern, und wir können mit aller Bestimmtheit aussprechen, daß bei Erschaffung der Erde es nicht beabsichtiget war, daß dieselben Pflanzen und Thiere über die ganze Oberfläche sich verbreiten sollten: der Eisbär war nie für die Tropenländer, das Lama und die Palmen nie für die Polargegenden bestimmt. Wenn aber dieselben Organismen nicht einmal alle Theile der Erdoberfläche einzunehmen bestimmt sind, wie viel weniger ist vorauszusetzen, daß sie über alle Theile des Sonnensystems sich verbreiten sollen? Gesetzt aber, wir nehmen an, daß alle Theile des Sonnensystems zum Aufenthalte vernünftiger Wesen, mit ähnlichem Zwecke wie die Erdbewohner erschaffen seien, — eine Hypothese, die durchaus keine innere Unwahrscheinlichkeit hat, — so ist damit nicht gesagt, daß sie überall dieselbe körperliche Entkleidung, dieselben Bedingungen der Existenz haben sollen. Große Mannigfaltigkeit der Formen und der Verhältnisse bestehen im Universum überhaupt; darüber belehren uns die unzweifelhaftesten Wahrnehmungen. Es scheint also jedenfalls angemessen, daß wir in den Organismen, und in den

Digitized by Google

Bedingungen ihrer Existenz insbesondere, eben diese Mannigfaltigkeit voraussetzen, wobei wir die näheren Bestimmungen der Einbildungskraft eines Jeden, der mit fruchtloser Speculation sich zu befassen Lust und Muße hat, überlassen wollen.

VI. Ursprung des Planeten-Systems.

88. Urzustand. Daß es eine Zeit gab, wo der Zustand der Weltkörper vom gegenwärtigen verschieden war, eine Zeit, wo die Planeten sich zu dem gebildet haben, was sie jetzt sind, stimmt mit den ältesten Traditionen aller Völker ebenso wohl, als mit vielen Thatsachen, welche wir jetzt noch wahrnehmen, überein. Die unverkennbarsten Spuren finden wir zunächst an der Erde selbst, deren mehrfache Umgestaltungen die Geologie mit großer Bestimmtheit nachzuweisen vermag. Vor der Zeit aber, welche eigentlich in das Gebiet der Geologie gehört, war höchst wahrscheinlich die Erde, so wie die übrigen Planeten in flüssigem Zustande und mit diesem Zustande hat sich die Astronomie in so fern zu befassen, als die Formen und manche sonstige Verhältnisse damit nothwendig zusammenhängen. Ehe wir aber mit dem Ursprung der Welt uns befassen, wollen wir ein lehrreiches Experiment anführen, welches Plateau veranstaltet hat.

89. Plateau's Versuch. Plateau füllte ein großes gläsernes Gefäß mit einer Mischung von Wasser und Weingeist von genau demselben specifischen Gewichte wie Olivenöl. Als er dann in die Mischung langsam und vorsichtig eine Quantität Olivenöl hineingoß, zog sich das Oel in eine Kugel zusammen und blieb in der Mitte des Gefäßes schwebend. Dieser Erfolg war im Voraus zu erwarten: jede flüssige Masse, auf welche keine äußere Kraft einwirkt, nimmt, wenn die Theilchen einander anziehen, die Kugelgestalt an (§. 9). Plateau steckte ferner eine Axe mit einer Kurbel versehen, durch die Mitte der Oelkugel und fing an zu drehen. Da nahm auch die Oelkugel nach und nach eine Drehungsbewegung an, und je schneller die Drehung wurde, desto mehr erhob sich die Mitte — der Aequator —, während die Pole in gleichem Verhältnisse sich abplatteten und der Polardurchmesser stets kleiner wurde. Bei immer zunehmender Schnelligkeit der Drehung breitete sich endlich die Kugel in eine runde Scheibe aus: es währte indeß nicht lange, so trennte sich der äußere Theil ab und setzte seine Drehung als flacher Ring fort, während der mittlere Theil sich etwas zusammenzog und die Form einer abgeplatteten Kugel annahm. Der letztere Erfolg war schwierig zu erlangen, weil gerade eine bestimmte Drehungsgeschwindigkeit dazu gehörte: bei nicht hinreichend schneller Drehung blieb die Scheibe ganz, und bei zu schneller Drehung trennte sich nicht ein Ring ab, sondern es rissen sich einzelne Theile los, bildeten Kugeln für sich und setzten ihre Umdrehung um den ursprünglichen Mittelpunkt fort; dabei nahm jede Kugel eine Rotation um ihre eigene Axe an.

Die Beziehung dieses sinnreichen Experiments zur Entstehung unsers Planetensystems liegt zu nahe, als daß eine besondere Erklärung nöthig wäre. Gesetzt, es habe ursprünglich eine große flüssige oder dunstförmige Masse den Raum, den unser Planetensystem einnimmt, erfüllt; gesetzt ferner, es habe diese Masse eine Drehungsbewegung erhalten und sei nach und nach zur Consistenz

Digitized by Google

gelangt, so würde man daraus das Entstehen der im Planetensystem vorhandenen Verhältnisse ohne Schwierigkeit ableiten können.

Was den ursprünglichen Zustand betrifft, so ist es nothwendig, ihn als flüssig anzunehmen, und zwar bleibt es unentschieden und jedenfalls gleichgültig für die astronomischen Verhältnisse, ob Verflüchtigung durch Feuer oder eine wässerige Auflösung angenommen wird. Die äußere Kruste der Erde, wahrscheinlich auch der übrigen Planeten, hat seit der ursprünglichen Formbildung mehrfache Revolutionen durchgemacht, aus welchen der gegenwärtige Zustand hervorgegangen ist; dabei ist Alles verschwunden, was uns hätte belehren können, ob Feuer oder Wasser als Auflösungsmittel ursprünglich gedient habe. Wer übrigens etwa geneigt wäre, eine so große aufgelöste Masse unter die rein phantastischen Vorstellungen zu rechnen, der betrachte die gewaltige Ausdehnung, die mancher Komet in der Sonnennähe erlangt.

90. Spezielle Bedingungen. Zwar gibt es, wie eben bemerkt wurde, kein Verhältniß im Sonnensystem, das nicht aus der Annahme einer ursprünglich flüssigen in Rotation versetzten Masse sich erklären ließe, dabei hat man jedoch für jeden einzelnen Fall die erforderlichen speciellen Bedingungen hinzuzufügen. Dieß ist es eben, was die Hypothese für astronomische Forschung unfruchtbar macht. Betrachten wir wieder eine große Oelkugel die man in schnelle Drehung versetzt, so trennen sich größere Stücke vom Anfang, und je mehr die ursprüngliche Masse verloren hat, desto kleiner werden die abgetrennten Theile. Die zuerst getrennten — äußern — Kugeln werden eine größere Rotationsgeschwindigkeit erhalten, es werden demnach auch mehr einzelne Theile — Monde — sich davon trennen. Alle Theile werden nach einer Richtung sich bewegen, und in demselben Sinne sich auch um ihre Axen drehen. Die Axen aller einzelnen Kugeln werden parallel sein mit der Axe der Centralkugel. Alle einzelnen Kugeln als Theile derselben Masse werden gleiche Eigenthümlichkeiten haben.

Vergleichen wir diesen Erfolg mit dem Zustande unsers Planetensystems, so finden wir manche auffallende Aehnlichkeit. Die äußern Planeten sind größer und haben mehr Satelliten, als die innern: freilich ohne die allmälige Aufeinanderfolge, die zu erwarten gewesen wäre; denn Jupiter, der größte davon, ist nicht der äußerste. Alle Bewegung und Rotation geht durchgängig nach einer Richtung von Westen nach Osten. Die Rotationsaxen sind ungefähr einander parallel: gleichwohl gibt es hier Abweichungen von größerm Betrage bei der Erde, dem Mars, dem Saturn, und höchst wahrscheinlich eine gänzliche Disparität beim Uranus, zu deren Erklärung mancherlei specielle Bedingungen vorauszusetzen sind. Am allermeisten Schwierigkeit hat aber die Erklärung der großen Verschiedenheit der Oberflächen und sonstigen Beschaffenheit. Wenn alle Körper aus einer einzigen Masse sich gebildet haben, warum sind die Planeten nicht eben so gut selbstleuchtend, wie die Sonne, warum hat der Mond keine Atmosphäre, wie die Erde, warum ist nicht ein Planet eben so dicht, wie der andere? Hier sind wieder eine Menge specieller Bedingungen erforderlich.

91. Hypothese von Laplace. Es schien mir zum Verständnisse zweckdienlich, die Planetenbildung zunächst mit Plateau's Experiment in Verbindung zu bringen, mehr um die Bedingungen der Aufgabe hervorzuheben, als eine genügende Auflösung zu gewinnen. In der That ist das Experiment von Plateau angestellt worden, um die Hypothese von Laplace, die wir jetzt auseinandersetzen wollen, zu erläutern. Laplace stellte sich vor, daß ursprünglich die Sonne mit einer Dunsthülle umgeben war, die weit über den

Digitized by Google

Planetenraum hinausreichte, und in Folge der schnellen Drehung eine flache Scheibe bildete. Eine ungeheure Hitze herrschte in dieser Dunsthülle, und es schwebten darin die Stoffe, woraus die Planeten bestehen, durch die Hitze aufgelöst. Allmälig begann eine Erkältung, und die Dunsthülle zog sich zusammen, wobei die äußersten Theile zuerst sich verdichteten, und in Folge der Schwungkraft trennte sich eine verdichtete Dunstmasse, ballte sich in eine Kugel zusammen (wie bei Plateau's Versuche), und setzte ihre Kreisbewegung fort, während sie eine Drehung um ihre eigene Axe — nahe parallel mit der Sonnenaxe — annehmen mußte, weil die äußern Theile größere Schnelligkeit hatten, als die innern. Bei fortgesetzter Verdichtung der Sonnenatmosphäre setzte sich ein Planet nach dem andern auf solche Weise ab. Noch immer waren indessen die Planeten nur zusammengeballte Dunstmassen, in welchen eine bedeutende Wärmemenge sich befand: nach und nach aber strömte die Wärme in den Weltraum über, die Planeten zogen sich zusammen und gewannen Consistenz, wobei wieder ähnliche Verhältnisse im Allgemeinen eintreten mußten wie bei der großen Urmasse. So trennten sich von den Planeten die Monde; so entstand der Saturnsring. Außer der innern Wahrscheinlichkeit, welche diese Hypothese durch die Uebereinstimmung mit so vielerlei Umständen in dem jetzigen Zustande des Planetensystems für sich hat, sucht Laplace eine besondere Bestätigung in den Formen der Nebelflecken, indem er der Ansicht Herschel's sich anschließt, daß ein allmäliger Uebergang von zerstreuter Nebelmaterie zu verdichtetem Zustande statt finde, und daß alle Sterne aus derselben Nebelmaterie entstanden sind.

92. Philosophische und geologische Hypothesen. Es ist nicht meine Absicht, hier irgend eine andere Hypothese als die Laplace'sche zu erwähnen, obwohl ich derer in Ueberfluß, mehr oder weniger vollständig entwickelt, vorbringen könnte. Bekanntlich gibt es eine Anzahl von schwierigen Problemen — die Quadratur des Kreises, die Trisection des Kreisbogens, das Perpetuum Mobile, und ähnliche, — womit sich vorzugsweise diejenigen beschäftigen, die nur einige dürftige Vorkenntnisse der Mathematik und Mechanik erlangt haben, während die Sachverständigen eine Lösung, — wenn solche gefunden werden könnte, — allerdings als wünschenswerth anerkennen, aber selbst wohl sich hüten, ihre Mühe auf Lösungsversuche zu verwenden. Ich nehme keinen Anstand, die Entstehungsverhältnisse des Planetensystems in dieselbe Kategorie zu setzen. Fast jeder namhafte Philosoph vom griechischen Alterthume bis auf unsere Tage, fast jeder Geolog — und deren sind nicht wenige — hat eine Entstehungsweise und einen Urzustand nicht blos der Erde, sondern auch gewöhnlich des ganzen Planetensystems beschrieben. Schon Lichtenberg hat fünfzig Systeme angeführt, die, wenn nicht zur Geschichte der Weltschöpfung, doch wenigstens zur Geschichte des menschlichen Geistes gehören. Seit Lichtenberg's Zeiten hat sich die Zahl der Systeme in immer steigendem Verhältnisse vermehrt: die Charakteristik derselben ist im Allgemeinen sich gleich geblieben. Eine genaue Kenntniß der Naturgesetze und eine genaue Kenntniß der Verhältnisse der Planetenwelt möchte man vernünftiger Weise für die Haupterfordernisse einer Kosmogenie halten, und gerade diese sind es, die am häufigsten fehlen.

93. Wissenschaftlicher Werth kosmogenischer Versuche. Der ursprüngliche Zustand des Planetensystems ist ein historisches Factum, und kein Dokument ist übrig geblieben, um uns über den Hergang sichere Belehrung zu ertheilen. Wenn dessen ungeachtet die Wißbegierde des Menschen sich nicht abhalten läßt, das Dunkel der frühesten Zeit durchdringen zu wollen, so dürfen solche Versuche nicht allgemein als leere Speculation betrachtet werden: sie sind es, wenn bloß nach historischer Wahrheit geforscht wird. Von so fruchtloser

Digitized by Google

Bestrebung muß man übrigens die Astronomen frei sprechen: ihr Zweck geht immer dahin, nicht eigentlich das Vergangene zu erforschen, sondern den Zusammenhang des Bestehenden einzusehen, und durch wahrscheinliche Schlüsse die Verhältnisse des Weltgebäudes zu ergründen, wo die gewöhnlichen Mittel astronomischer Forschung nicht mehr ausreichen. Kein bisheriges System hat jedoch in dieser Hinsicht noch zu einem Fortschritte in der Astronomie geführt, das Laplace'sche eben so wenig, wie alle übrigen. Daraus wird man begreifen, warum in astronomischen Werken von der ursprünglichen Bildung des Planetensystems gewöhnlich gar nicht die Rede ist. In wie ferne künftige cosmogenische Speculationen zur Erweiterung unserer Einsicht beitragen werden, darüber will ich kein Urtheil aussprechen, muß übrigens, wenn ich die Bemühungen der vorhergegangenen Zeit überblicke, und die Leichtigkeit betrachte, womit so Mancher die Welt — aus Nichts — construirt hat, aufrichtig gestehen, daß nach meiner Ansicht keine Speculation zu einem so befriedigendem Ergebnisse geführt hat, wie jene des humoristischen Geschichtschreibers von New-York, der nach tiefem Forschen als einziges Endresultat fand, „daß die Erschaffung der Welt eine weit schwerere Sache ist, als die Leute gewöhnlich glauben."

VII. Fixsterne überhaupt.

94. Gestalt und Ausdehnung unsers Sternsystems nach Herschel. Bei der allgemeinen Uebersicht des Weltsystems haben wir bereits die Vertheilung der Sterne im Weltraume erwähnt. Sie bilden, nach der Richtung der Milchstraße ausgedehnt, eine flache Scheibe von überaus großen Dimensionen. Bei ihrer unermeßlichen Zahl und den wenigen Bestimmungen, die wir jetzt noch besitzen, ist es uns unmöglich, auf die speciellen Verhältnisse der einzelnen Bestandtheile des Systems einzugehen, und wir müssen uns mit einigen Näherungswerthen und Ueberschlagszahlen begnügen. Um diese zu erlangen, setzen wir nach §. 30 voraus, daß alle Sterne denselben Glanz und dieselbe Entfernung von einander haben, mithin in gleichen Räumen, eine gleiche Sternenzahl enthalten ist. Von diesem Satze läßt sich eine sehr einfache Anwendung machen. Richtet man nämlich ein Fernrohr gegen das Firmament, so schneidet das Gesichtsfeld (wie in Fig. 38 dargestellt ist) einen Kegel ab; d. h. die sämmtlichen Strahlen, die vom Fernrohre ausgehen, füllen einen konischen Raum aus, und alle Sterne, die in diesem Raume sich befinden, werden im Gesichtsfelde neben einander erscheinen. Die Zählung gibt also unmittelbar, wie viele Sterne in einem Kegel von gegebenen Scheitelwinkel enthalten sind. Nun werden die verschiedenen Kegel von gleicher Länge, dem obigen Satze zufolge, auch gleich viele Sterne enthalten: ist dagegen die Länge ungleich, wie z. B. bei den Kegeln a b und a d (Fig. 39), so verhalten sich bekanntlich die eingeschlossenen Räume, also auch die Sternenzahl, wie die dritten Potenzen der Längen. So wie aber aus der Länge, wenn sie gegeben ist, die Anzahl der Sterne berechnet werden kann, so läßt sich umgekehrt, wenn die Anzahl der Sterne gegeben ist, die Länge des Kegels berechnen, oder die Entfernung angeben, bis wie weit in dieser Richtung die Sterne hinausgehen.

Digitized by Google

Durch die vorhergehenden Schlüsse sind wir nun zu dem höchst sinnreichen Princip gelangt, welches Herschel im Jahre 1785 aufgestellt hat, und welches sich so ausdrücken läßt: Die Ausdehnung des sternerfüllten Raumes nach verschiedenen Richtungen verhält sich wie die Kubikwurzel der im Gesichtsfelde erscheinenden Sternenzahl; mithin zeigt die achtfache Sternenzahl eine zweimal größere, die siebenundzwanzigfache Sternenzahl ein dreimal größere Ausdehnung an, u. s. w. Herschel führte auch sein Princip mit der ihm eigenthümlichen Beharrlichkeit aus: er richtete sein Fernrohr nach den verschiedenen Gegenden des Himmels, und zählte, wie viele Sterne jedesmal im Felde sich zeigten *). Diese Operation nannte er das „Sondiren" des sternerfüllten Raumes. Das Resultat von Herschel's Bestimmungen wird, wenn man Mittelwerthe nimmt, durch die oben schon (§.§. 30, 31) erklärten Zeichnungen (Fig. 23 und 24) dargestellt: ich sage, wenn man Mittelwerthe nimmt, weil in der That die Herschel'schen Messungen nicht eine regelmäßig gerundete, sondern eine unebene Begränzung mit größern und kleinern Vorsprüngen zeigen, wie man es auch von vorne herein erwarten konnte.

Was die Dimensionen unsers Sternsystems betrifft, so gibt Herschel die Dicke des Ringes zu 155 Sternweiten an: die Breite dehnt sich ungefähr $5\frac{1}{2}$ mal weiter hinaus.

95. Nebelflecken und ihr Verhältniß zum Universum. Schon gleich nach Erfindung des Fernrohrs wurde eine beträchtliche Anzahl heller Flecken am Himmel erkannt, denen man den Namen „Nebelflecken" gegeben hat. Die ersten Beobachtungen lehrten schon, daß viele von diesen aus einer großen Anzahl kleiner, dicht aneinander gedrängter Sterne bestehen; und diejenigen, welche durch kleinere Fernröhre nicht in Sterne aufgelöst werden konnten, hat Herschel größtentheils mit seinen riesenhaften Teleskopen, als aus einzelnen Lichtpunkten bestehend, erkannt, während er neue und schwächere Nebelflecken fand, deren Auflösung, wie er glaubte, mächtigern optischen Hülfsmitteln gelingen würde. Herschel zog aus den so gewonnenen Andeutungen den Schluß, daß alle Nebelflecken als Conglomerate von Sternen zu betrachten seien, als Sternsysteme, die jenseits der Gränzen unsers Systems sich befinden. Dieser Vorstellung gemäß bestünde das Universum aus einer — höchst wahrscheinlich für uns unendlichen — Anzahl von Sternsystemen, die im Raume nach uns unbekannten Gesetzen vertheilt sind. Wie diese Sternsysteme uns als schwach leuchtende Flecken erscheinen, so würde unser System, in gleiche Entfernung versetzt, sich darstellen: und was das Merkwürdigste ist, wir finden am Himmel mehrere Nebelflecken, die genau die Form haben, welche dem Vorhergehenden zufolge unserm Sternsystem zukommt. Herschel glaubte hierin eine gewichtige Bestätigung seiner Schlüsse zu finden.

96. Eine zweite Theorie des Universums von Herschel aufgestellt. Als Herschel die Theorie des Universums, die wir eben entwickelt haben, aufstellte, hatte er das vierzigfüßige Teleskop noch nicht ausgeführt.

---

*) W. Herschel's Untersuchungen bezogen sich nur auf den bei uns sichtbaren Theil des Himmels. In neuester Zeit hat Sir J. Herschel ähnliche Sternzählungen am südlichen Himmel vorgenommen, und zugleich die Richtung der Milchstraße genauer bestimmt. Aus seinen Untersuchungen geht hervor, daß, wenn man die Oberfläche des Himmelsgewölbes in lauter gleiche Quadrate (z. B. 1° im Quadrat) theilt, die verschiedenen Quadrate eine sehr verschiedene Anzahl von Sternen haben, aber kein Quadrat absolut leer ist. Selbst die sogenannten Kohlensäcke, diese dunkeln Flecken, die man sonst für ganz leer hielt, enthalten einzelne Sterne, und erscheinen eigentlich nur durch den Kontrast mit der Milchstraße so dunkel.

Digitized by Google

Kaum war mit diesem eine Durchmusterung des Himmels vorgenommen, und das Vorhandensein von Doppel- und mehrfachen Sternen, die zusammengehören, und um ihren gemeinschaftlichen Mittelpunkt sich bewegen, erkannt, dann das Aussehen der Nebelflecken und die Milchstraße genauer erforscht, so gab Herschel die Grundsätze, welche er jener Theorie untergelegt hatte — die gleiche Größe der Sterne und ihre Austheilung in gleichen Distanzen — auf, und fing neue Untersuchungen an, denen die Ansicht zu Grunde liegt, daß das Universum theils aus vollends ausgebildeten Sternen und Sterngruppen, theils aus Nebelmassen besteht, die sich nach und nach zu Sternen zusammenziehen; daß ferner in der Ebene der Milchstraße die Sterne dichter aneinander stehen, und an Zahl um so geringer werden, je weiter man sich beiderseits von dieser Ebene entfernt.

Was in diesem Systeme als neu und besonders hervortretend erscheint, ist die Annahme einer allmäligen, jetzt noch im Gange begriffenen Weltbildung, eine Annahme, an welche, wie wir oben gesehen haben, Laplace seine Theorie des Planetenursprungs (§. 91) angeschlossen hat. Man möchte vielleicht glauben, daß Herschel durch die Wahrnehmung allmäliger Gestaltsveränderung der Nebelflecken veranlaßt worden sei, auf ein fortschreitendes Zusammenziehen der Nebelmassen zu schließen. Eine solche Basis hatte er indessen keineswegs, sondern er war der Ansicht, daß verschiedene Gestaltungen neben einander eben so wohl einen Beweis fortschreitender Bildung liefern, wie verschiedene Gestaltungen nach einander. Die Schlußfolgerung hat allerdings viel für sich. Wenn Jemand in einem Walde alle Abstufungen des Baumwuchses von der Pflanze, die aus der Erde hervorkeimt, bis zum vollendeten Baume betrachtet, so wird er nothwendig auf den Gedanken kommen, daß hier ein allmäliger Uebergang von einer Stufe zur andern stattfinde, auch wenn er noch nicht Gelegenheit gehabt hat, an einem und demselben Baume den allmäligen Uebergang — wozu immer eine längere Beobachtungsperiode erfordert wird — zu bemerken. Gleichwohl kann nicht in Abrede gestellt werden, daß der letztere Beweis allein vollständig befriediget: und bis der Verlauf der Jahrhunderte das Verhalten der Nebelflecken in dieser Hinsicht erwiesen hat, ist es jedenfalls nicht unbillig, Herschel's Annahme einer Nebelmaterie und ihrer fortschreitenden Concentration als bloße Untersuchungshypothese zu betrachten.

97. Struve's Untersuchungen, Absorption des Sternlichtes. In neuester Zeit sind Herschel's Untersuchungen von Struve zum Theile wieder aufgenommen und wesentlich erweitert worden. Uebereinstimmend mit Herschel schließt er aus der Gesammtheit der Erscheinungen, daß unser Sternsystem eine flache, nach der Ebene der Milchstraße ausgedehnte Scheibe bilde; alsdann bestimmt er aus den Ergebnissen der Beobachtung das Gesetz, nach welchem die Häufigkeit der Sterne beiderseits von der Ebene der Milchstraße abnimmt. Aus den Resultaten, zu welchen er gelangt ist, hebe ich Folgendes hervor. Wenn man aus Argelander's Verzeichnisse sämmtliche mit freiem Auge sichtbaren Sterne der nördlichen Halbkugel nach Helligkeitsklassen oder „Größen" zusammenzählt, so hat man folgende Reihe:

Größen	1	2	3	4	5	6
Zahl der Sterne	9	34	96	214	550	1439

Von den Größen wissen wir blos, daß sie eine Reihe mit stetiger Abnahme bilden: sie verhalten sich umgekehrt, wie die Quadrate der Distanzen, oder umgekehrt, wie die Zahl der Sterne einer jeden Klasse, weil die Zahl der Sterne,

Digitized by Google

wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen. Aus diesem gegenseitigen Verhältnisse der Größe und Sternenzahl (mit Berücksichtigung des Umstandes, daß die Sterne gegen die Milchstraße hin immer dichter werden), berechnet Struve folgende Entfernungen:

Größe	Entfernung
1	1 Sternweite
2	$1\frac{4}{5}$ "
3	$2\frac{4}{5}$ "
4	$3\frac{9}{10}$ "
5	$5\frac{2}{5}$ "
6	$7\frac{3}{4}$ "

Dieser umständlich geführten Rechnung zufolge erstreckt sich die Sehkraft des freien Auges nur bis auf $7\frac{3}{4}$ Sternweiten, während sie nach Herschel's Rechnung (wobei nur die Zahl der Sterne berücksichtiget wird) auf 12 Sternweiten sich erstrecken müßte. Die Sterne entschwinden also dem freien Auge früher, als sie sollten, oder was gleichbedeutend ist, das Sternenlicht wird auf dem Wege geschwächt oder absorbirt. Es ist dieß unter die wohl begründeten und zugleich unter die merkwürdigsten Thatsachen zu zählen, die uns vom Weltsysteme bekannt sind. Die Ursache der Lichtschwächung kennen wir übrigens nicht. Allerdings würde die Annahme eines im ganzen Weltraume ausgebreiteten Aethers die Erscheinung sehr einfach erklären, und sonst auch könnte man mancherlei Gründe für eine solche Annahme beibringen; gleichwohl gibt es andererseits wieder Thatsachen, die sich kaum genügend damit vereinbaren ließen (§. 48).

Auf die oben angedeuteten Sätze hat Struve auch eine Bestimmung der Gesammtzahl der zu unserm System gehörigen (mit Herschel's Teleskopen sichtbaren) Sterne gegründet: er findet diese Zahl 20,374,034 *).

98. Absolute Entfernung der Fixsterne. Zu den wichtigsten Resultaten neuerer Zeit gehört die Bestimmung der absoluten Entfernung mehrerer Fixsterne, ein Problem, welches Herschel mit andauerndem Fleiße, aber nicht ganz erwünschtem Erfolge zu lösen gesucht hat. Der Weg ist sehr einfach. Man denke sich einen Beobachter, der eine sehr weit entfernte Bergspitze gerade in südlicher Richtung betrachtet; zwischen dem Beobachter und der Bergspitze befinde sich ein Kirchthurm, scheinbar etwas westlich liegend. Verändert nun der Beobachter seinen Standpunkt, und geht etwas westlich, so wird die Entfernung des Kirchthurms von der Bergspitze scheinbar kleiner; geht er östlich, so wird die Entfernung größer. Es ist begreiflich, daß für gleiche Veränderung des Standpunktes die näher gelegenen Gegenstände scheinbar sich mehr ändern, als die entferntern, und daß mithin aus der scheinbaren Aenderung die Entfernung eines Gegenstandes berechnet werden kann. Ganz ähnliche Verhältnisse finden sich am Himmel vor.

Die Erde beschreibt jährlich im Raume nahe einen Kreis von 40 Mill. geogr. Meilen im Durchmesser, und man kann denselben Stern von verschiedenen weit entfernten Punkten beobachten. Findet sich nun neben einem Sterne erster Größe ein ganz kleiner, also an der äußersten Gränze unsers Systems gelegener

*) Sir W. Herschel schätzte nach seinen Zählungen die ganze Milchstraße auf 18 Mill. Sterne; Sir J. Herschel dagegen nach ähnlicher Methode gibt die Gesammtzahl der Sterne auf $5\frac{1}{2}$ Mill. an, bemerkt aber selbst, daß diese Zahl entschieden zu klein ist.

Digitized by Google

und als unendlich entfernt zu betrachtender Stern, wie es z. B. bei dem Hauptsterne in der Leier der Fall ist, so wird der nahe Stern in Beziehung auf den entfernten, während die Erde ihren Lauf vollendet, seine Lage etwas ändern, und hat man diese Aenderung gemessen, so gibt die Rechnung sogleich den Abstand des Sterns.

Wie oben bereits bemerkt worden ist, hat Herschel die Ortsveränderung mehrerer Sterne unter solchen Verhältnissen zu messen gesucht, ist indessen wegen der Unvollkommenheit seiner Hülfsmittel zu keinem befriedigenden Resultate gelangt. Erst in neuester Zeit haben Bessel, Maclear, Struve und Peters im Ganzen für 33 Sterne die jährliche Aenderung ihrer Stellung — Parallaxe — bestimmt. Aus der umständlichen Berechnung aller vorhandenen Beobachtungen findet Peters, daß die Parallaxe der Sterne zweiter Größe im Mittel 0,"116 betrage; und Struve, indem er dieses Resultat mit der oben schon erwähnten Untersuchung in Verbindung bringt, setzt die absolute Entfernung der Sterne erster Größe auf 986000 Sonnenweiten fest. In runder Zahl kann man also sagen, daß eine Sternweite gleich einer Million Sonnenweiten ist.

99. Die Centralsonne. Die große Entdeckung Herschels, daß es Sterne gibt, die um ihren gemeinschaftlichen Mittelpunkt herumgehen, hat die allgemeine Gravitation auch auf das unermeßliche Reich der Fixsterne ausgedehnt: wir sind dadurch genöthigt, allen Fixsternen eine Kreis- oder Ellipsenbewegung um einen Centralpunkt beizulegen, weil sonst vermöge der gegenseitigen Anziehung eine Vereinigung bereits stattgefunden hätte, oder wenigstens im Gange sein müßte, was entschieden der bisherigen Beobachtung widerspricht. Die Nothwendigkeit eines Centralpunkts oder einer Centralsonne war längst anerkannt; auch haben einzelne Astronomen über die Stelle, wo sie sich befinden müsse, Vermuthungen ausgesprochen: so ist namentlich von Argelander die Gegend des Perseus bezeichnet worden.

Die Analogie mit unserm Sonnensysteme würde fordern, daß der Centralkörper des Sternsystems im Verhältnisse zu den übrigen Sternen eine überwiegende Größe habe, und es ist eine Frage, ob irgend ein Stern, den wir am Himmel wahrnehmen, dieser Bedingung entspricht; insbesondere ist in der Gegend des Perseus gar kein glänzender Stern vorhanden. Deßhalb haben einige Astronomen sich vorgestellt, daß die Fixsterne um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt sich bewegen, also einen imaginären Mittelpunkt der Bewegung hätten, während andere meinten, daß der Centralkörper nicht nothwendig selbstleuchtend, also auch nicht nothwendig für uns sichtbar sein müsse. Weiter als bis zu Vermuthungen war das Problem nicht gediehen, als Mädler im Jahre 1846 speciell damit sich zu beschäftigen anfing. Er ging dabei von dem streng begründeten Satze aus, daß, wenn unsere Sonne sowohl, als die übrigen Sterne um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt im Kreise herumgehen, bestimmte Verhältnisse in den Bewegungen wahrzunehmen sein müssen. Betrachten wir von unserm Standpunkte aus den Centralkörper, so wird dieser selbst (wenn er in der Wirklichkeit unbeweglich ist) mit der unserm Sonnensystem zukommenden Geschwindigkeit sich zu bewegen scheinen: die Sterne jenseits des Centralkörpers müssen, weil sie sehr entfernt sind, eine geringere scheinbare Bewegung haben; dasselbe gilt von den hinter uns befindlichen Sternen, weil sie mit uns in gleicher Richtung fortgehen: links und rechts dagegen werden die stärksten Bewegungen wahrzunehmen sein. Mädler hat diese Verhältnisse näher entwickelt und gezeigt, wie sie sich in verschiedenen Entfernungen von dem Centralkörper gestalten müssen. Als er dann versuchte, die so gewonnenen

Digitized by Google

Andeutungen auf den Himmel anzuwenden, gelangte er zu dem Resultate, daß der Centralkörper in der Richtung der Plejadengruppe zu finden, und höchst wahrscheinlich der hellste Stern der Plejaden — Alcyone — als Centralsonne zu betrachten sei. Seine Rechnungen haben der Hypothese vorläufig einen nicht unbedeutenden Grad von Wahrscheinlichkeit gegeben: was aber eine eigentliche Entscheidung betrifft, so hängt sie von künftigen Beobachtungen ab, denn es ist sehr begreiflich, daß, da es sich hier um die Mittelwerthe handelt, wie sie aus einer sehr großen Anzahl von Sternen sich ergeben, die wenigen jetzt noch vorhandenen Bestimmungen nicht zu einer Gewißheit führen können.

100. Unsicherheit der bisherigen Resultate. Die Untersuchung der Verhältnisse des Fixsternhimmels wird mit der Zeit einen eigenen, und zwar wohl den wichtigsten Zweig der Astronomie ausmachen. *) Es haben bereits mehrere der berühmtesten Astronomen mit diesem Zweige sich beschäftiget, und ich hielt es deßhalb für zweckmäßig, einige Resultate in den vorhergehenden Paragraphen zusammenzustellen. Daß bei der Unsicherheit der Grundlagen die Resultate nicht als erwiesene astronomische Lehrsätze zu nehmen sind, versteht sich wohl von selbst. Was insbesondere die Form unsers Sternsystems betrifft, so lassen sich die Sterne nach unendlich vielfach verschiedener Weise im Raume so austheilen, daß sie unserm Auge immer dieselbe Erscheinung darbieten: noch mehr, wir finden sogar verschiedene, wirklich vorhandene Formen unter den Nebelflecken, die einem in der Mitte befindlichen Beobachter genau das Ansehen unsers Sternenhimmels darbieten würden. Insbesondere können hier die flache Scheibe **) Fig. 64, die von der Seite linsenförmig erscheinende Scheibe Fig. 54, der Ring mit Kern Fig. 56 ***) oder Fig. 53, der ausgefüllte Ring Fig. 65 oder Fig. 66 angeführt werden.

Fassen wir Alles zusammen, was über das Universum gesagt worden ist, so finden wir darin Andeutungen über die Form und Ausdehnung unsers Sternsystems, Andeutungen über die Bestandtheile und den Zusammenhang des Universums, Vorbereitungen zu den großen Aufgaben, deren Lösung nur den künftigen angestrengten Bemühungen der Astronomen gelingen kann. Hiemit beschließen wir diesen Abschnitt und gehen zu den an einzelnen Fixsternen wahrgenommenen merkwürdigern Eigenthümlichkeiten über.

---

*) Die französischen Schriftsteller, die davon gehandelt haben, nennen diesen Zweig: Fixsternastronomie oder Fixsternlehre (Astronomie stellaire). Sollte eine vollständige Darstellung der Astronomie nach ihrem gegenwärtigen Stande unternommen werden, so scheint mir die Eintheilung in: Beobachtungslehre, Gravitationslehre, Planetenlehre, Kometenlehre, Fixsternlehre die geeignetste. Daß die jetzt gewöhnliche Eintheilung für eine systematische Entwickelung durchaus unzweckmäßig ist, wird wohl jeder Sachkundige zugeben.

**) Ich schließe, daß dieser Nebel die Form einer flachen Scheibe haben müsse, weil das Licht auf der ganzen Oberfläche gleichmäßig ist.

***) Unter allen vorkommenden Formen scheint diese unser System am genauesten darzustellen: sogar die Theilung der Milchstraße finden wir darin ausgedrückt. Viele Astronomen sind der Ansicht, daß die Milchstraße, wie wir es in der obigen Figur sehen, ein getrennter Sternenring sei, und es läßt sich nicht in Abrede stellen, daß diese Form am besten der Erscheinung entspricht: alsdann fällt aber die gleichmäßige Austheilung der Sterne weg, und alle Schlüsse, wodurch man gesucht hat, die Entfernungen zu ermitteln, verlieren ihre Gültigkeit.

Digitized by Google

VIII. Eigenthümlichkeiten der Sterne.

101. Eintheilung. Betrachten wir die Gegenstände des Sternenhimmels nicht als Theile eines Systems, sondern in so ferne sie von einander durch besondere Erscheinungen sich unterscheiden, so lassen sich verschiedene Eintheilungen machen. Wir finden Sterne, die durch eigene Bewegung am Himmel, andere, die durch den Glanz oder die Veränderlichkeit ihres Lichtes sich auszeichnen, Doppel- und mehrfache Sterne, Sternhaufen und Nebelflecken.

102. Sterne mit großer eigener Bewegung, und Sterne mit veränderlicher eigener Bewegung. Nach der obigen Darstellung des Sternsystems wird jeder Fixstern eine eigene Bewegung, bald größer, bald kleiner, je nach der Stellung, die er im Systeme (mit Beziehung auf den Centralkörper und mit Beziehung auf uns) einnimt, zeigen müssen: damit ist übrigens nicht gesagt, daß für unsere Hülfsmittel die Bewegung wahrnehmbar sein werde. Man bedenke nur, daß, wenn ein Stern dritter Größe (bei den oben bestimmten Entfernungsverhältnissen) jährlich eine Million Meilen zurücklegt, er erst nach 300 Jahren (unter den günstigsten Voraussetzungen) so weit kommt, daß für uns die scheinbare Ortsveränderung eine Secunde beträgt, und mit einiger Bestimmtheit bemerkt werden kann. Uebereinstimmend mit diesen Umständen findet sich denn auch bei den meisten Fixsternen keine in kürzerem Zeitraume wahrnehmbare Ortsveränderung, und größerere Aenderungen sind sehr selten. Unter 8000 Sternen zählt Baily nur 46 auf, deren jährliche Bewegung über 1 Secunde in Declination, oder $^1/_{10}$ Secunde (Zeit) in Rectascension ausmacht. Die merkwürdigsten sind folgende:

	Jährliche Bewegung in Rectascension	in Declination
ζ Tucanä	+ 0,″25	— 1,″1
β Hydrä	+ 0,72	— 0,3
μ Cassiopeä	+ 0,39	+ 1,5
40 Eridani	— 0,14	+ 3,4
(1819) Ursä maj.	+ 0,29	+ 0,1
(2320) "	— 0,32	0,0
(4010) "	+ 0,32	+ 5,7
(4150) "	+ 0,32	+ 0,1
α Bootis	— 0,08	+ 2,0
α Centauri	— 0,47	— 0,8
61 Cygni	+ 0.36	— 3,3
ε Indi	+ 0,46	+ 2,4

Man ist natürlich berechtigt, die größte eigene Bewegung bei den nächsten, oder was gleichbedeutend ist, bei den größten Sternen zu erwarten: merkwürdiger Weise finden sich indessen zwei kleine Sterne, der eine im Schwan (61 Cygni), der andere im großen Bären (4010 oder Groombridge 1830) vor, die sich weit schneller als irgend ein großer Stern bewegen, eine Thatsache, die in so ferne wichtig ist, als sie, wenn nicht gerade einen Beweis, doch eine sehr beachtenswerthe Andeutung gibt, daß nicht immer die hellsten Sterne die

Digitized by Google

nächsten sind; oder mit andern Worten, daß von den gleich weit entfernten Sternen einige mehr, andere weniger Helligkeit zeigen. Ob zugleich die Masse oder die Dimensionen mit der Helligkeit im Verhältnisse stehen, ob die hellern Sterne mehr Anziehungskraft und größeres Volumen haben, ist gänzlich unbekannt. Nach irdischen Verhältnissen zu urtheilen, sollte man zwischen Licht und Masse keine nothwendige Beziehung vermuthen.

Die Veränderlichkeit der eigenen Bewegung, früher bereits vermuthet, ist von Bessel und nach ihm von Peters zum Gegenstande genauerer Untersuchungen gemacht worden. Die bisherigen Rechnungen beziehen sich speziell auf den Sirius, und zeigen, daß bei diesem Stern in gerader Aufsteigung vom Ende des vorigen Jahrhunderts bis zum Jahre 1843 eine etwas beschleunigte Bewegung stattgefunden hat, die seither wieder im Abnehmen begriffen ist. Die Aenderungen gehen stetig vor sich und stellen eine ziemlich regelmäßige Periode mit einer Dauer von fünfzig Jahren dar. In wie ferne bei anderen Sternen Aehnliches sich nachweisen lasse, ist noch nicht hinreichend untersucht worden, aber, wenn man den Mangel an Uebereinstimmung zwischen den früheren Catalogen und den jetzigen Sternörtern betrachtet, als unzweifelhaft anzunehmen. Zur Erklärung der Erscheinung hat Bessel eine neue Hypothese in die Astronomie eingeführt, wornach die Sterne mit ungleichmäßiger Bewegung dunkle Begleiter von großer Masse haben sollen. Dieser Hypothese zufolge wird der Stern und der Begleiter ein System bilden (wie Erde und Mond §. 39), dessen Schwerpunkt mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fortrückt, während die beiden Körper um den Schwerpunkt herumgehen. Auf solche Weise wird der leuchtende Stern einmal dem Schwerpunkte vorangehen, dann nach einem halben Umlaufe demselben wieder nachfolgen.

Die Thatsache, daß bei Sirius eine ungleichmäßige Bewegung stattfinde, obwohl noch nicht allgemein angenommen, und namentlich von Struve in Abrede gestellt, scheint kaum mehr einem gegründeten Zweifel zu unterliegen und verdient mit Recht zu den merkwürdigsten Entdeckungen neuerer Zeit gerechnet zu werden: in wie ferne die zur Erklärung aufgestellte Hypothese (die jetzt noch isolirt und außer aller Verknüpfung mit anderen Erscheinungen der Sternwelt steht) als nothwendig angenommen werden muß, läßt sich wohl erst entscheiden, wenn die Periode sich jetzt wiederholt. — Eine Ablenkung oder Verzögerung des Lichts auf seinem Wege würde ebenfalls eine scheinbare Aenderung der Bewegung zur Folge haben, und daß etwas im Weltraume sich befindet, wodurch eine Einwirkung auf das Licht erfolgt, ersehen wir aus der von Struve nachgewiesenen Absorption des Lichts (§§. 47 u. 97).

103. Helligkeit oder Größe der Sterne. Die Lichtmenge, die uns von einzelnen Sternen zugesendet wird, ist sehr verschieden und hat schon seit dem Beginne astronomischer Forschung eine Eintheilung nach Helligkeitsklassen oder Größen veranlaßt. Die glänzendsten Sterne, von welchen man am Himmel im Ganzen 17 *) zählt, werden zur ersten Größe, die ihnen an Glanz zunächst folgenden zur zweiten Größe u. s. w. gerechnet, bis zur sechsten Größe herab, wo die Grenze des Sehens mit freiem Auge angenommen wird. Mit der siebenten Größe fangen die teleskopischen Sterne an, und gehen bis zur 15ten, jedoch wird von Einigen, namentlich von Herschel, die Abstufung bis zur 20sten Größe fortgesetzt.

*) Sirius, Canopus, Arcturus, α Centauri, Capella, α Aquilä, Rigel, Procyon, α Piscis austr., Antares, Acharnar, Aldebaran, α Virginis, Pollux, α Cygni, α Orionis.

Digitized by Google

Die Classifikation nach der Helligkeit ist an und für sich ganz willkürlich, und es gibt zwischen den Schätzungen verschiedener Astronomen mehr oder weniger beträchtliche Unterschiede: ursprünglich liegt aber der Classifikation die Regel zu Grunde, daß zwei Sterne zweiter Größe ebenso viel Licht geben sollen, als ein Stern erster Größe; zwei Sterne dritter Größe ebenso viel Licht als ein Stern zweiter Größe u. s. w. Da die Helligkeit umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung abnimmt, so sollte nach obiger Regel, unter der Voraussetzung, daß die einzelnen Sterne an und für sich gleiche Lichtmenge aussenden, das Verhältniß der Größen und Entfernungen sein, wie folgt:

Größe.	Lichtmenge.	Entfernung.	
1	1	1	Sternweite
2	$^1/_2$	1,4	"
3	$^1/_4$	2,0	"
4	$^1/_8$	2,8	"
5	$^1/_{16}$	4,0	"
6	$^1/_{32}$	5,6	"

Die Vergleichung dieser Tabelle mit Argelander's Schätzung und den von Struve berechneten Distanzen (§. 97) zeigt, daß im Allgemeinen ziemliche Uebereinstimmung vorhanden ist, und nur bei der zweiten Größe eine beträchtliche Abweichung vorkommt; denn in der That sind drei Sterne zweiter Größe erst einem Sterne erster Größe gleich. Nimmt man aber Struve's Distanz für die Sterne 6ter Größe als richtig an, und berechnet daraus die übrigen Distanzen, in der Voraussetzung, daß immer die folgende Klasse halb so viel Helligkeit als die vorhergehende haben soll, so erhält man folgende Zusammenstellung:

Größe	berechnet	Struve.
6	(7,7)	7,7
5	5,5	5,4
4	3,9	3,9
3	2,7	2,7
2	2,0	1,8

Für die meisten Zwecke kann die Uebereinstimmung als vollständig betrachtet werden.

Bei allen Rechnungen, die auf das System der Fixsterne sich beziehen, nimmt man an, wie im Vorhergehenden geschehen ist, daß sämmtliche Sterne an und für sich gleich viel Licht haben, und daß sie unserer Sonne gleich sind. Die Voraussetzung ist jedoch nur für allgemeine Auffassung der Phänomene zuläßig, etwa wie man bei einem Sandhaufen die einzelnen Körner als gleich voraussetzen kann, wenn man Ueberschlagszahlen erhalten will. In der Wirklichkeit können vielerlei Ausnahmen vorkommen. Nicht nur gibt es, wie bereits oben bemerkt wurde, einzelne Sterne, die uns verhältnißmäßig sehr nahe sind, und doch wenig Helligkeit zeigen, sondern es ist ferner wahrscheinlich, daß im Allgemeinen, selbst bei demselben Sterne, die verschiedenen Theile der Oberfläche nicht gleich viel Licht geben. Wie unsere Sonne bisweilen große Flecken hat, so mögen an andern Fixsternen ähnliche Verhältnisse vorübergehend oder permanent vorkommen, auch ist überhaupt kein Grund vorhanden, der uns die Ueberzeugung gewähren oder auch nur zu der Vermuthung führen könnte, daß die Fixsternoberflächen alle gleiche Lichtmenge aussenden müßten.

104. Farbe der Sterne, Farbenänderung. Schon das freie Auge unterscheidet weiße und rothe Sterne. Die ersten sind die häufigsten;

Digitized by Google

unter den letztern ist vorzüglich Arcturus zu nennen.*) Nimmt man starke Fernröhre zu Hülfe, so lassen sich verschiedene andere Färbungen erkennen. So findet man bläuliche, grünliche, gelbliche Sterne; selten jedoch ist die Färbung stark hervortretend. Am genauesten ist bei den Doppelsternen auf Farbenunterschied Rücksicht genommen worden: insbesondere hat Struve bei allen von ihm beobachteten Doppelsternen die hierauf bezüglichen Angaben beigefügt, und in Herschel's Beobachtungen ist wenigstens auffallende Färbung, wo solche vorkam, bemerkt worden.**)

Die Frage, ob mit den Jahrhunderten eine Aenderung der Farben bei den Sternen vorkomme, ist durch den Umstand veranlaßt worden, daß in einigen Schriftstellern des Alterthums Sirius als ein rother Stern bezeichnet wird, während er jetzt entschieden weiß erscheint. Aus einem so vereinzelt stehenden Falle ist man doch wohl nicht berechtigt, einen weiteren Schluß zu ziehen, um so mehr, als die astronomischen Nachrichten des Alterthums weder mit diplomatischer Genauigkeit abgefaßt, noch mit diplomatischer Sorgfalt uns aufbewahrt und überliefert worden sind.

Wir haben zwar Grund, eine Farbenänderung als Folge veränderter Bahngeschwindigkeit nicht für unwahrscheinlich zu halten (§. 115), daß aber hiezu die erforderlichen Bedingungen am Himmel selten sich vorfinden, scheint entschieden aus der genauen Uebereinstimmung hervorzugehen, welche Struve zwischen seinen Beobachtungen der älteren Doppelsterne (98 an der Zahl) und denen W. Herschel's nachgewiesen hat, obwohl eine vierzigjährige Periode die Beobachtungen trennt, und in der Richtung und Geschwindigkeit der Sterne während des Zwischenraumes nachweisbar große Aenderungen vorgekommen sind. Nur zwei Sternenpaare von den 98 machen eine Ausnahme: γ Leonis besteht nach Struve aus einem goldgelben und rothgrünen Sterne; γ Delphini aus einem goldgelben und grünlich-blauen Sterne, während Herschel in beiden Fällen die Sterne weiß gesehen hat.

Es ist nothwendig, die Thatsache hier noch beizufügen, daß bei Beurtheilung der Farben der Sterne die Astronomen oft weit von einander abweichen, auch wenn sich bei den Farben terrestrischer Gegenstände keine Verschiedenheit zeigt. Knorre, der Astronom von Kasan, sieht alle Sterne weiß ohne Beimischung irgend einer andern Farbe. Aehnliche, aber minder auffallende Beispiele mögen nicht selten vorkommen.

105. Lichtwechsel der Sterne. Seit gerade zwei Jahrhunderten kennt man einen Stern im Wallfisch (o Ceti), früher der Wunderbare (Mira Ceti) genannt, der zwanzig Tage hindurch als Stern zweiter Größe erscheint, dann drei Monate abnimmt fast bis zum gänzlichen Verschwinden; nach fünf Monaten wieder als ganz kleiner Stern mit freiem Auge sichtbar wird, und 3 Monate später seinen anfänglichen größten Glanz erreicht. Im Ganzen beträgt die Periode 334 Tage. Die spätere Beobachtung hat zur Entdeckung mehrerer solcher Sterne geführt, deren Lichtperioden sehr verschieden sind, und von 3 Tagen bis zu 18 Jahren sich erstrecken. Die vorzüglichsten sind folgende:

---

*) Auch unter den Planeten kommt dieselbe Verschiedenheit der Farbe vor: Mars ist sogleich an seinem röthlichen Lichte zu erkennen.

**) Ich möchte fast vermuthen, daß zwischen Farbe und Helligkeit irgend ein Zusammenhang besteht, wenigstens ist es höchst auffallend, daß von den 76 rubinrothen Sternen, welche Herschel in beiden Hemisphären aufgefunden hat, nicht ein einziger über die 6te Größe geht (6 gehören zur 6ten, 12 zur 7ten, 32 zur 8ten, 22 zur 9ten und 4 zur 10ten Größe).

Digitized by Google

Name des Sterns.	Gerade Aufsteigung 1850.	Declination 1850.	Periode in Tagen.	Größtes Licht.	Kleinstes Licht.
α Cassiopeä	0h. 32.′ 2″	+ 55°. 43′	79,03	2	2. 3
o Ceti	2. 11. 46	— 3. 40	332,04	2	10. 11
π Arietis	3. 40. 56	+ 16. 50		4	6
β Persei	2. 58. 25	+ 40. 22	2,867	2. 3	4
ε Aurigä	4. 51. 13	+ 43. 36	250	3	4
α Orionis	5. 47. 3	+ 7. 22	199	1	1. 2
ζ Geminorum	6. 55. 13	+ 20. 47	10,15	—	—
α Hydrä	9 20. 13	— 8. 1	55	2	3
Anon. Leonis	9. 39. 29	+ 12. 7	311,4	5. 6	—
30 Hydrä	13. 21. 32	— 22. 30	493,86	4	10
ζ Bootis	14. 33. 59	+ 14. 23		3	—
β Ursä min.	14. 51. 12	+ 74. 46		3	—
Anon. Coronä	15. 42. 24	+ 28. 37	335	6	—
Anon. Serpentis	16. 51. —	— 12. 39		5	—
α Herculis	17. 7. 48	+ 14. 34		3	4
Anon. Scut. Sobieskii	18. 39. 30	— 5. 51	71,2	5	7
β Lyrä	18. 44. 32	+ 33. 12	12,90	3	4. 5
χ Cygni	19. 40. 44	+ 33. 23	406,0	5	—
η Aquilä	19. 44. 50	+ 0. 38	7,176	3. 4	4. 5
Anon. Cephei	21. 38. 55	+ 58. 6		6	—
δ Cephei	22. 23. 37	+ 57. 39	5,366	3. 4	5

Man hatte schon bald nach den ersten Beobachtungen wahrgenommen, daß die Perioden der veränderlichen Sterne nicht immer von gleicher Länge sind. Argelander, der in neuester Zeit mit diesem Gegenstande sich besonders beschäftigt hat, glaubte Anfangs die Beobachtungen durch eine allmälig mit der Zeit fortschreitende Zu- oder Abnahme der Periodenlänge erklären zu können, erkannte aber später, daß es zweckmäßiger sei, periodische Störungen, analog mit denen der Planeten, anzunehmen. Die Störung von o Ceti beträgt nach ihm 25 Tage und erstreckt sich über 88 einzelne Perioden: β Lyrä, β Persei und χ Cygni unterliegen ähnlichen Störungen. Jedoch werden solche Verhältnisse keineswegs allgemein angetroffen: so hat Argelander die Lichtstufen von δ Cephei und deren Wiederkehr vollkommen regelmäßig gefunden.

Für das merkwürdige Phänomen des Lichtwechsels hat man zwei Erklärungen aufgestellt: die Einen halten dafür, daß die veränderlichen Sterne eine hellere und eine dunklere Seite haben, und in Folge ihrer Rotationsbewegung abwechselnd die eine, dann die andere Seite uns zukehren; Andere haben geglaubt, daß es angemessener sei, große Planeten anzunehmen, die um die Sterne im Kreise herumgehen, und indem sie bei jedem Umlaufe einmal zwischen uns und den Stern kommen, eine Verdunklung oder Finsterniß hervorbringen. Die letztere Erklärung setzt Planeten voraus, die nahe so groß wären wie ihre Sonnen, außerdem besondere Verhältnisse des Umlaufes, wozu es wenigstens in unserem Sonnensystem keine Analogie gibt: denn unsere Planeten, wenn sie groß genug wären, würden die Sonne nur eine kurze Zeit bedecken, so daß

Digitized by Google

ein sehr entfernter Beobachter nicht ein Zu- und Abnehmen des Lichtes in gleichen Perioden, sondern kurze Lichtunterbrechungen wahrnehmen würde.*)

Jedenfalls hat die erste Erklärungsweise am meisten Wahrscheinlichkeit für sich, besonders wenn die Perioden nur kurz sind. Die Störungen sind freilich nicht damit erklärt, denn jede Rotation ist gleichförmig, und müßte regelmäßigen Lichtwechsel zur Folge haben.

Es würde zwar nicht schwer sein, auch für die Störungen eine Hypothese aufzustellen, wir wollen aber lieber den Lichtwechsel der Sterne unter die räthselhaften Erscheinungen einreihen, zu deren Ergründung vorerst eine genaue und länger fortgesetzte Beobachtung erfordert wird. Es wäre in der That höchst wünschenswerth, daß die Helligkeitsverhältnisse der Sterne mehr Beachtung fänden, als jetzt der Fall ist, und es scheint mir um so zweckmäßiger, hier diesen Gegenstand hervorzuheben, als er vorzugsweise geeignet ist, Liebhaber der Astronomie in höchst nützlicher Weise zu beschäftigen. Ein mäßiges Fernrohr und eine Sternkarte bilden die ganze dazu erforderliche Einrichtung; die nöthige Schärfe im Vergleichen der Helligkeit der Sterne gibt die Uebung von selbst.**)

Wir kennen auch einen Lichtwechsel anderer Art, wobei es noch unentschieden bleibt, ob ein periodisches Wiederkehren stattfinde oder nicht. Einige Sterne zeigen sich nämlich bald größer, bald kleiner, ohne regelmäßige Folge. So wurde η Argus im Jahre 1677 und 1811—15 als Stern 4ter Größe beobachtet, dazwischen aber im Jahr 1751 als Stern 2ter Größe. Derselbe Stern erschien schon im Jahr 1822 wieder als Stern 2ter Größe, schwankte dann zwischen der 1sten und 2ten Größe, bis er im Jahre 1843 dem hellsten Sterne am Himmel (Sirius) nahe gleich wurde. Auch β Ursae min., Capella und andere Sterne dürften hieher zu rechnen sein.

106. Verlorne Sterne, neue Sterne. Man hat Sterne beobachtet, die später nicht mehr an derselben Stelle sich zeigten: man hat ferner Sterne erscheinen sehen, die nach einiger Zeit wieder verschwunden und nicht mehr zum Vorschein gekommen sind. Was die erstern betrifft, so will ich nur die Thatsache erwähnen, daß, je genauer der Himmel beobachtet worden ist, desto seltener das Verschwinden der Sterne stattgefunden hat: namentlich ist mir aus neuester Zeit kein Beispiel bekannt. Es ist übrigens vorgekommen, daß man unbekannte Planeten als Fixsterne aufgezeichnet hat: so war Uranus wiederholt als Fixstern aufgezeichnet worden, ehe ihn Herschel als Planeten erkannte: dasselbe war bei Neptun der Fall. Das Verschwinden erklärt sich hier ganz natürlich durch die eingetretene Ortsveränderung. Es ist wahrscheinlich, daß theils auf diese Weise, theils durch ungenaue oder irrig aufgezeichnete Beobachtungen die meisten Verschwindungen erklärt werden können. Anders verhält es sich mit den erschienenen und wieder verschwundenen Sternen, wovon wir hier nur zwei vollkommen glaubwürdig erwiesene Fälle anführen wollen.

---

*) Will man den Lichtwechsel der Sterne durch Körper, die zwischen uns und den Sternen sich stellen, erklären, so wäre es am Zweckmäßigsten, Zonen von Sternschnuppen anzunehmen, die an verschiedenen Stellen verschiedene Dichtigkeit hätten (§. 50.)

**) Um Veränderlichkeit der Sterne zu erkennen, ist keine Methode einfacher, als die von W. Herschel eingeführte Classifikationsmethode, welche darin besteht, daß man eine Anzahl nahe gleicher Sterne wählt, und dann angibt, welche davon dem zu bestimmenden Sterne vollkommen gleich, welche merklich größer, und welche merklich kleiner sind. Herschel's Classifikation aller Flamsteed'schen Sterne nach dieser Methode findet man in Bode's Jahrbuch 1809 und 1810 abgedruckt.

Digitized by Google

Tycho beobachtete im Jahr 1572 einen Stern in dem Sternbilde der Cassiopea, der nach und nach so großen Glanz erlangte, daß ihn einzelne Personen am hellen Tage gesehen haben sollen, und nachdem er nahe ein Jahr hindurch beobachtet worden war, wieder vom Himmel verschwand. Den Verlauf seines Lichtwechsels gibt Tycho folgendermaßen an:

entdeckt den 11. November	1572	— der Venus gleich,
December	1572	— dem Jupiter gleich,
Januar	1573	— etwas schwächer als Jupiter,
Februar und März	1573	— Stern 1ster Größe,
April und Mai	1573	— „ 2ter „
Juni, Juli, August	1573	— „ 3ter „
Sept., Oct., November	1573	— „ 4ter „
bis Ende Januar	1574	— „ 5ter „
Februar	1574	— „ 6ter „
März	1574	— unsichtbar geworden.

Bemerkenswerth ist, daß weniger zu verbürgenden Nachrichten zufolge in demselben Sternbilde zweimal, um die Jahre 945 und 1260, ein neuer Stern beobachtet worden ist. Der erste Zwischenraum beträgt 315, der zweite 314 Jahre und die Vermuthung liegt nahe, daß es hier um einen periodischen Lichtwechsel sich handle. Der Stern wäre hiernach im Jahr 1886 oder 1887 zu erwarten.

Ein zweiter ähnlicher Fall ereignete sich im Jahre 1604, wo Kepler im Sternbilde des Schlangenträgers einen neuen Stern wahrnahm, dessen Verschwinden ebenfalls nach einem Jahre erfolgt ist. *)

Die wenigen Thatsachen, die jetzt noch vorliegen, können eine Erklärung der Erscheinungen nicht genügend begründen. Was übrigens die früher sehr allgemein verbreitete Ansicht betrifft, daß die Sterne von Tycho und Kepler nicht bloß verschwunden, sondern zerstört worden sind, und daß der Glanz, den sie vorher erreichten, nur als das Auflodern des Feuers, wodurch sie vernichtet wurden, zu betrachten sei, so widerstreitet sie aller sichern astronomischen Erfahrung. So weit bisher die Wissenschaft Sicheres zu ermitteln im Stande gewesen ist, tritt überall nicht bloß Ordnung und Dauerhaftigkeit im Weltgebäude, sondern auch die unverkennbare Absicht hervor, möglicher Zerstörung vorzubeugen. Nirgends finden wir dieß bestimmter angedeutet, als in der Einrichtung unsers Planetensystems, wo unter den vielen tausend möglichen Anordnungen gerade diejenige gewählt worden ist, welche den Bestand auf alle Zukunft sichert.

107. Doppelsterne. So lange wir die Sterne überhaupt betrachteten, nahmen wir sie sämmtlich als selbstständige Körper an, die nur zu dem Centralkörper in Beziehung stehen. Diese Annahme erleidet bei genauerer Untersuchung eine Modification, in so fern als ein beträchtlicher Theil der Sterne außer ihrer Verbindung zu einem allgemeinen Systeme zugleich als Theile von größern oder kleinern Partialsystemen erscheinen, ein Verhältniß, welches übrigens die allgemeinen Schlüsse über den Zusammenhang des Weltsystems nicht

*) In der allerneuesten Zeit (März 1848) hat Hind in London einen neuen Stern im Schlangenträger (16h 51',0 — 12° 39') erkannt, d. h. einen Stern, der früher nicht da wahrzunehmen gewesen ist: die Folge muß zeigen, ob er zu den gewöhnlichen veränderlichen Sternen gehört, oder ob er in dieselbe Klasse, wie die Sterne von Tycho und Kepler, zu rechnen ist.

Digitized by Google

ändert. Gesetzt, es wären die Sterne ohne allen Plan in den Weltraum hinausgestreut worden, so daß jeder Stern die Stelle einnähme, welche ihm der Zufall angewiesen hat, so würde ihre Vertheilung eine Aufgabe für den Wahrscheinlichkeitscalcul darbieten. Eine ungefähr gleichmäßige Vertheilung wäre am wahrscheinlichsten. Allerdings dürften einige Fälle sich vorfinden, wo zwei Sterne ganz nahe bei einander zu stehen kämen, und der Wahrscheinlichkeitscalcul stellt die Regeln auf, wornach man für jeden gegebenen Grad der Annäherung berechnen kann, wie viele solche Fälle unter einer bestimmten Anzahl Sterne mit Wahrscheinlichkeit zu erwarten wären. Würde nun die Beobachtung zeigen, daß weit mehr Fälle in der Wirklichkeit vorkommen, als wahrscheinlicher Weise erwartet werden sollte, so wäre man berechtigt, zu schließen, daß irgend ein Grund vorhanden sei, der die Sterne so nahe vereinige, und daß ein Zusammenhang zwischen solchen nahen Sternen bestehe. Wenden wir diese Betrachtungen auf den Himmel an, so finden wir, daß unter den vorhandenen 100,000 Sternen (bis zur 8ten Größe herab) 12 Fälle wahrscheinlich erwartet werden dürften, wo zwei Sterne innerhalb 16″ einander genähert wären: die wirkliche Beobachtung zeigt, daß 547 solche Fälle vorhanden sind. Ein so überwiegendes Verhältniß macht es uns unmöglich, bei diesen Sternenpaaren ein zufälliges Beisammensein anzunehmen.

Man hat weitläufige Berechnungen dieser Art angestellt, um zu beweisen, daß bei den Doppelsternen ein physischer Zusammenhang wahrscheinlich ist: ich halte es aber für unnöthig, mehr daraus anzuführen, weil die Beobachtung der verflossenen 50 Jahre das wirkliche Bestehen eines solchen Zusammenhanges hinreichend dargethan hat. In der That können wir jetzt schon als Erfahrungssatz aussprechen, daß in den meisten Fällen, wo zwei hellere Sterne sehr eng neben einander stehen, der eine um den andern, nach dem in unserm Sonnensystem bestehenden Gravitationsgesetze herumgeht, während der gemeinschaftliche Schwerpunkt sich um den Centralkörper des Weltsystems bewegt. Was die Doppelsterne betrifft, bei denen eine solche Bewegung noch nicht beobachtet worden ist, so zerfallen sie in zwei Kategorien; bei einigen ist nämlich die Aenderung so gering, daß wir sie erst nach längerem Zeitraum wahrnehmen können, bei den andern ist die Annäherung nur scheinbar, und die beiden Sterne fallen nahe in dieselbe Gesichtslinie, während in der Wirklichkeit der eine um mehrere Sternweiten jenseits des andern sich befindet. Die letztern nennt man optische Doppelsterne: auch sie haben ihre Bedeutung in der Astronomie, und werden vorzüglich zur Parallaxenbestimmung angewendet; in der physischen Construktion des Himmels, womit wir gegenwärtig zu thun haben, kommen sie nicht weiter in Betracht.

Bei Untersuchung der Doppelsterne bietet sich zuerst die Frage zur Beantwortung dar, wie weit zwei Sterne von einander entfernt sein dürfen, damit ein physischer Zusammenhang dazwischen bestehen könne, oder bis zu welcher Distanz man ein Sternenpaar als Doppelstern rechnen dürfe. Wir haben zwar Grund zu vermuthen, daß der physische Zusammenhang sich sehr weit erstrecke, denn die Plejaden, und sogar die drei Sterne im Gürtel des Orion, scheinen noch mit einander eine physische Verbindung zu haben. Jedenfalls werden aber bei den nähern und den hellern Doppelsternen die stärkern Bewegungen vorkommen, und diese haben demnach zuvörderst die Thätigkeit der Beobachter in Anspruch zu nehmen. Bei der großen Menge der Doppelsterne hat man es nöthig gefunden, vorläufig nicht über 32″ hinauszugehen, und die innerhalb dieser Grenze fallenden Sternpaare nach gewissen Kategorien zu ordnen. Herschel hat den Gebrauch eingeführt, die Doppelsterne in Klassen einzuthei-

Digitized by Google

len, nach ihrer scheinbaren Entfernung von einander, und zwar nimmt er vier Klassen an:

Klasse:	I.	II.	III.	IV.
Entfernung:	0—4″.	4—8″.	8—16″.	16—32″.

Struve hat aus diesen vier Klassen acht Ordnungen gebildet, die er so bezeichnet:

Ordnung:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Entfernung:	0—1″.	1—2″.	2—4″.	4—8″.	8—12″.	12—16″.	16—24″.	24—32″.

Es würde von großem Vortheile für den Astronomen sein, die physischen und optischen Doppelsterne trennen zu können, weil die Beobachtung der letztern, wenn sie von entsprechendem Nutzen sein soll, ganz anders einzurichten ist, als die der erstern. Hiezu gibt es nun kein Kriterium; will man aber den Wahrscheinlichkeitscalcul zu Rathe ziehen, so ergibt sich, daß bis zur 8ten Größe herab von 0″—16″ Distanz unter je 46 Doppelsternen nur ein optischer wahrscheinlich vorkommen wird.

Das Verhältniß selbst, welches unter den Doppelsternen besteht, hat an und für sich nichts Besonderes, denn im Planetensystem treffen wir wiederholt ähnliche Fälle an: die Erde und der Mond geben ein Beispiel zweier zusammengehörender Körper, deren Schwerpunkt um die Sonne in elliptischer Bahn sich bewegt: bei Jupiter, Saturn und Uranus finden wir Systeme von mehreren Körpern ähnlichen Bedingungen unterworfen. Was das Verhältniß der Doppelsterne für uns merkwürdig und wichtig macht, ist also nicht die Art der Verbindung, sondern einestheils der Umstand, daß, während wir sonst gewohnt sind, nur Planeten mit einer Sonne in ein System zu vereinigen, hier Sonne um Sonne herumgeht, anderntheils die aus der Beobachtung abgeleitete Thatsache, daß dasselbe Gravitationsgesetz, welches allen Bewegungen des Planetensystems zu Grunde liegt, auch in den fernsten Theilen des Universums Geltung habe. Der Astronom ist auf solche Weise dazu gelangt, in den Regionen, die sonst bei ihrer unermeßlichen Entfernung menschlichen Bestrebungen völlig unzugänglich schienen, gleichsam festen Fuß zu fassen, und wird, auf die einmal gewonnene Basis gestützt, die Begebnisse des Sternenhimmels eben so genau wie jene der Planeten zu enträthseln im Stande sein. Es kommt jetzt vor Allem darauf an, Materialien zu sammeln. Darin ist nun zwar Vieles schon durch die beiden Herschel, Struve und Andere geschehen, und im Ganzen mag die Anzahl der bekannten Doppelsterne nahe an 5000 sich belaufen, jedoch läßt sich leicht begreifen, daß nur für diejenigen Sternpaare, die kürzere Umlaufszeiten haben, aus den Beobachtungen eines halben Jahrhunderts einigermaßen sichere Bahnelemente abgeleitet werden können.

108. Bahnen der Doppelsterne. Für folgende Doppelsterne besitzen wir ziemlich zahlreiche ältere und neuere Beobachtungen, worauf man eine Bahnbestimmung zu gründen gesucht hat:

η in der Krone	Umlaufszeit	43	Jahre
ζ im Krebs	„	58	„
ξ im großen Bären	„	61	„
p im Schlangenträger	„	93	„
α in den Zwillingen	„	520	„
γ in der Jungfrau	„	169	„

Mehrere Doppelsterne gibt es noch, die wahrscheinlich kürzere Umlaufszeiten haben. Der Stern 1037, in Struve's Katalog, ist ziemlich genau

Digitized by Google

bestimmt, und gibt eine Umlaufszeit von 15 Jahren; noch kürzere Perioden werden von Struve vermuthet.*) Bei weitem die meisten Doppelsterne aber haben Umlaufszeiten, die über 10,000 Jahre gehen.

Es ist leicht einzusehen, daß außer den scheinbaren Bewegungselementen auch die Entfernung von der Erde (oder die Parallaxe) bekannt sein muß, wenn eine Bestimmung der Größe und Masse der Sterne und eine Bestimmung der wahren Ausdehnung ihrer Bahnen erlangt werden soll. Dieß bildet eine neue und sehr wesentliche Erschwerung der Arbeit. So weit jetzt noch abzusehen ist, scheint es, daß unter den Doppelsternen im Allgemeinen größere Entfernungen vorkommen, als in unserm Planetensystem; daß ferner die Massen sehr verschieden, bald größer, bald kleiner, als jene der Sonne sind. Beim Doppelsterne 61 im Schwan (dessen Parallaxe Bessel bestimmt hat), kann man die Umlaufszeit zu 500 Jahren, und die Entfernung der zwei Sterne zu 48 Sonnenweiten ($1^3/_5$ die Distanz des Neptun) nehmen. Ein Planet in derselben Entfernung von unsrer Sonne würde 333 Jahre zu seinem Kreislaufe brauchen. Da die Bewegung des Sterns langsamer ist, so muß auch die anziehende Masse kleiner sein: die Rechnung gibt dafür sehr nahe $^1/_2$ der Sonnenmasse. Es ist nun, was die Umlaufsbewegung betrifft, gleichgültig, ob diese Masse dem einen oder andern Stern oder beiden in gleichen Theilen zukommt: letzteres ist, da die Sterne nahe gleich groß sich zeigen, das Wahrscheinlichste, und hiernach hätten wir zwei Sterne kennen gelernt, wovon jeder nur den vierten Theil der Größe der Sonne, also (bei gleicher Dichtigkeit) $^2/_3$ von dem Durchmesser der Sonne haben. Der Doppelstern α Centauri hat genau dieselbe Masse, wie 61 im Schwan, nämlich die Hälfte der Sonnenmasse; dagegen muß ξ im großen Bären, wenn er wirklich die den Sternen 4ter Größe zukommende Entfernung hat, um das Zwanzigfache die Sonnenmasse übertreffen.

109. Mehrfache Sterne. Es ist schon oben angegeben worden, daß die Zahl der aufgefundenen Doppelsterne bereits gegen 5000 sich beläuft. Unterdessen ist hiemit eigentlich nur ein kleiner Anfang zur Untersuchung der Partialsysteme gemacht. Fürs Erste erstreckt sich die physische Verbindung der Sterne nicht etwa bloß auf einen Umkreis von 32″, vielmehr hat man Grund, aus der gemeinschaftlichen Bewegung mancher Sterne noch bei weit größerer Distanz auf einen Zusammenhang zu schließen. Fürs Zweite umfassen die bisherigen Arbeiten vorzugsweise nur die einfachsten Systeme, wo nämlich zwei Sterne mit einander verbunden sind: von den Systemen mit drei und vier Sternen sind nur sehr wenige genau beobachtet, und was die zahlreichern Systeme — die Sternhaufen — betrifft, so ist erst eine Vorbereitungsarbeit ausgeführt worden, insoferne als man sie aufzusuchen und ihren Ort am Himmel zu bezeichnen begonnen hat.

Eine Bemerkung muß hier beigefügt werden, welche für die Natur der Sternsysteme bezeichnend ist. Unter den von Struve ausgewählten 2641 Sternen, deren Distanz nicht über 32″ geht, zählt er

2573 Doppelsterne,
64 dreifache Sterne,
3 vierfache Sterne,
1 sechsfachen Stern.

*) Mädler's neue Elemente der Doppelsternbahnen findet man am Ende Tab. X. Wie wenig Sicherheit noch in den Bahnelementen vorhanden ist, kann daraus beurtheilt werden, daß noch vor 10 Jahren die Umlaufszeit von γ Virginis um 350 Jahre länger, und von σ Coronä um 280 Jahre kürzer angegeben wurde, als sie der neuesten Berechnung zufolge sind.

Digitized by Google

Das große Uebergewicht der Doppelsterne beweist offenbar, daß die Entstehung dieser Systeme nicht zufällig ist, und daß der Erbauer des Universums die Absicht hatte, in der Regel nicht mehr als zwei Sterne mit einander zu vereinigen.

Was die Größe der Bahnen und die Umlaufszeiten betrifft, so scheinen ähnliche Verhältnisse bei den mehrfachen Sternen vorzukommen, wie wir sie oben bei den Doppelsternen nachgewiesen haben. Der dreifache Stern ζ im Krebs besteht aus einem Hauptstern 5ter und zwei Begleitern 6ter Größe, wovon der nähere (0″,9 Distanz) in 58, der entferntere (5″,7 Distanz) ungefähr in 500 Jahren seinen Umlauf vollendet. Die Entfernungen und Umlaufszeiten stimmen mit der Gravitationstheorie überein. Die Sterne 12 Lyncis, ξ Librä, 7 Tauri sind alle dreifach und zeigen eine ziemlich schnelle Bewegung der Begleiter um die Hauptsterne: merkwürdig ist aber, daß bei den zwei ersten Systemen die beiden Begleiter nicht nach derselben Richtung sich bewegen. Es ist dieß eine auffallende Abweichung von der Analogie unsers Planetensystems.

110. Verzeichniß einiger merkwürdiger Doppelsterne. Die folgenden Angaben sind größtentheils aus Struve's Beobachtungen und Berichten, Einiges auch aus den Arbeiten Mädler's entnommen, der sich in neuerer Zeit insbesondere mit der Berechnung der Doppelsternbahnen beschäftigt hat. Die Ortsbestimmungen der Sterne gelten für 1850. Bei der Größenbestimmung habe ich nur ganze und halbe Größen gegeben.

Doppelsternverzeichniß.

Nummer	Name des Sterns.	Ort des Sterns. Gerade Aufsteigung		Abweichung.		Größe und Farbe des Hauptsterns.	Größe und Farbe des Begleiters.
1	η Cassiopeä	0h.	40′,0	+ 57°.	2′	4 Gr. gelb	$7^1/_4$ Gr. purpurfarb.
2	Polaris	1.	5,0	+ 88.	30	2 „ hellgelblich	9 „ weiß
3	ψ Cassiopeä	1.	15′,4	+ 67.	20	$4^1/_2$ Gr. glänzend gelb	9 „ / $9^1/_2$ „
4	Anonyma	1.	19,3	— 0.	55	3 „ „ „	10 „
5	100 Piscium	1.	26,9	+ 11.	47	7 „ weiß	8 „ weiß
6	γ Arietis.	1.	45,3	+ 18.	33	$4^1/_2$ „ hell u. sehr weiß	$4^1/_2$ „ hell u. s. weiß
7	α Piscium	1.	54,3	+ 2.	2	3 „ grünlich	4 „ blau
8	γ Andromedä	1.	54,7	+ 41.	36	3 „ goldgelb	5 „ tiefblau

1. Ohne Zweifel ein physischer Doppelstern: die Beobachtungen weisen in der Distanz wie im Positionswinkel eine allmählige Aenderung nach.
2. Der Polarstern hat einen schwachen Begleiter, 18″ entfernt. Eine Aenderung der gegenseitigen Stellung läßt sich nach den bisherigen Beobachtungen nicht nachweisen.
3. Herschel zeichnete diesen Stern als doppelt auf, bestehend aus einem hellen Stern und einem schwachen Begleiter in einer Entfernung von 32″. Struve entdeckte ganz nahe an dem Begleiter einen schwächeren Stern, der nur 3″ davon absteht.
4. Obwohl die Entfernung 17″ beträgt, so zeigt sich nach Struve eine sehr merkliche Aenderung der gegenseitigen Stellung.
5. Nach der beträchtlichen Bewegung zu urtheilen ein physischer Doppelstern.
6. Ein schöner Doppelstern; eine Aenderung in der Stellung ist noch nicht bemerkt worden.
7. Seit Herschel's Zeiten ist an diesem schönen und hellen Doppelstern keine Aenderung beobachtet worden, und es ist noch zweifelhaft, ob man ihn zu den physischen zählen darf.
8. Früher für einen Doppelstern gehalten, aber von Struve als dreifach nachgewiesen. Eine Aenderung hat man bisher nicht bemerkt.

Digitized by Google

Nummer	Name des Sterns.	Ort des Sterns. Gerade Aufsteigung		Abweichung.		Größe und Farbe des Hauptsterns.		Größe und Farbe des Begleiters.	
9	ι Trianguli	2″.	3′,7	+	29°. 36′	5 Gr.	gelb	6½ Gr.	bläulich
10	66 Ceti	2.	5,1	—	3. 6	6 „	gelblich	8 „	blau
11	ι Cassiopeä	2.	16,8	+	66. 43	4 „ 7 „	gelb blau	8 „	blau
12	η Persei	2.	39,8	+	55. 16	4 „	gelb	8½ „	blau
13	π Arietis	2.	40,9	+	16. 50	5 „ 8½ „	mattgelb	10 „	—
14	7 Tauri	3.	25,5	+	23. 57	6½ „ 6½ „	gelblich	10 „	—
15	λ Tauri	4.	13,4	+	25. 16	6 „	weiß	8 „	bläulich
16	ι Leporis	5.	5,3	—	12. 3	4 „	mattgrün	10½ „	—
17	32 Orionis	5.	22,8	+	5. 50	5 „	gelblich	6½ „	gelblich
18	λ Orionis	5.	26,9	+	9. 50	4 „ 6 „	gelblich purpurfarben	12 „	—
19	θ Orionis	5.	27,9	—	5. 29	sechsfacher Stern			
20	Anonyma	5.	30,1	—	0. 14	8 Gr.	weiß	8 „	weiß
21	σ Orionis	5.	31,2	—	2. 41	4 „ 10 „	weiß grau	7½ „ 7 „	grau
22	11 Monocerotis	6.	21,5	—	6. 56	5 „ 5½ „	weiß	6 „	weiß

9. Die Entfernung ist 3½″. Struve's Beobachtungen zeigen eine Aenderung in der gegenseitigen Stellung der Sterne.
10. Dieser Doppelstern ist merkwürdig wegen seiner bedeutenden Bewegung im Raume, nach Argelander 1′ in 150 Jahren.
11. Ein dreifacher Stern. Die beiden ersten Sterne sind von einander nur 2″, der erste und letzte 7″ entfernt. Eine Aenderung zeigen die bisherigen Beobachtungen nicht.
12. Die Entfernung ist 28″; die Farben der Sterne treten sehr bestimmt hervor. Eine merkliche Bewegung scheint nicht statt zu finden.
13. Drei Sterne von sehr ungleicher Größe: ob sie ein physisches System bilden, ist ungewiß; eine Bewegung deuten die bisherigen Beobachtungen nicht an.
14. Von Herschel als Doppelstern angegeben; der Hauptstern selbst besteht aber, wie Struve erkannt hat, wieder aus zweien Sternen von gelber Farbe und nahe gleicher Größe, die nur 0″,6 von einander entfernt sind. Struve's Beobachtungen von 1830 u. 1836 deuten eine retrograde Bewegung des nähern Begleiters an. Der entferntere Begleiter hat eine Distanz von 22″,4.
15. Die Entfernung ist 19″. Eine langsame Bewegung des Begleiters nicht unwahrscheinlich.
16. Seit Herschel's Zeiten hat eine beträchtliche Aenderung der gegenseitigen Stellung stattgefunden.
17. Ob eine Bewegung des Begleiters stattfindet, ist noch unentschieden.
18. Dreifach, ein Doppelstern mit einem ungemein schwachen Begleiter.
19. Vier Sterne (5ter, 6ter, 7ter, 8ter Größe) bilden das sogenannte Trapez des Orion, welches mitten im Orionnebel sich befindet (s. §. 112, Orionnebel Nro. 16).
20. Zwei Doppelsterne, nur 51″ von einander entfernt.
21. Ein vierfacher Stern, seit Herschel's Zeiten unverändert geblieben. Nur 3½′ entfernt findet sich ein dreifaches System.
22. Eine Aenderung der gegenseitigen Stellung ist seit W. Herschel's Zeiten nicht zu bemerken gewesen. Bilden demnach die Sterne ein System, so muß ihre Bewegung äußerst langsam, also die Massen sehr klein sein: finden sie sich aber bloß zufällig in einer Linie, und sind sie in der Wirklichkeit weit von einander entfernt, so sollen sie auch an Größe sehr verschieden erscheinen. In beiden Fällen ist die Lichtstärke merkwürdig, und wir müssen annehmen, daß entweder kleine Massen viel Licht geben können, oder daß es Sterne von sehr verschiedener absoluter Größe geben müsse.

Digitized by Google

Nummer	Name des Sterns.	Ort des Sterns. Gerade Aufsteigung	und Abweichung.	Größe und Farbe des Hauptsterns.	des Begleiters.
23	20 Geminorum	6h. 23′,5 +	17°. 53′	6 Gr. gelblich	7 Gr. bläulich
24	Anonyma	6. 28,1 +	41. 43	7 „ bläulich	8 „ purpurfarb.
25	12 Lincis	6. 32,9 +	59. 35	5 „ / 6 „ grünlich weiß	7½ „ bläulich
26	38 Geminorum	6. 46,2 +	13. 22	5½ „ gelblich	8 „ bläulich
27	Anonyma	7. 8,4 +	73. 21	6½ „ / 8½ „ weiß	6½ „ weiß
28	α Geminorum	7. 25,0 +	32. 18	3 „ grünlich	4 „ grünlich
29	Anonyma	7. 40,2 +	5. 52	7 „ gelb	11 „ „
30	ζ Cancri	8. 3,6 +	18. 6	5 „ / 6 „ gelb	5½ „ gelb
31	Anonyma	8. 35,2 +	42. 14	8 „ gelblich	8 „ weiß
32	σ^2 Ursä maj.	8. 57,1 +	67. 44	5 „ grünlich	8 „ „
33	Anonyma	9. 4,1 +	58. 19	7½ „ gelb	7½ „ gelb
34	Anonyma	9. 9,0 +	61. 59	8 „ / 8 „ sehr weiß	11½ „
35	h Ursä maj.	9. 19,6 +	63. 43	4 „ grünlich	9 „ aschfarbig
36	ω Leonis	9. 20,4 +	9. 42	6 „ gelb	7 „ röthlich

23. Die Entfernung ist 20″, und eine Aenderung nach den bisherigen Beobachtungen kaum wahrscheinlich.
24. Entfernung 2″. Eine Bewegung des Begleiters ist nicht nachweisbar.
25. Ein System von drei Sternen, worin die bisherigen Beobachtungen eine beträchtliche Bewegung erkennen lassen.
26. Ungeachtet der beträchtlichen Entfernung (5,″7) zeigt sich entschieden eine Bewegung des Begleiters um den Hauptstern.
27. Die zwei ersten Sterne sind etwas über 1″ von einander entfernt; der letzte und erste stehen aber 31″ ab.
28. Bereits 1729 als Doppelstern beobachtet. Die Bewegung ist beträchtlich und wir besitzen eine große Anzahl von Beobachtungen, aber wegen der Unsicherheit der frühesten Beobachtungen läßt dennoch sich die Bahn nicht mit der erforderlichen Schärfe berechnen. Mädler fand früher die Umlaufszeit 232 Jahre: nach einer zweiten Bestimmung wäre sie 520 Jahre.
29. Den äußerst schwachen Begleiter entdeckte Struve im März 1825, konnte ihn aber später nicht mehr erkennen.
30. Ein merkwürdiges System, bestehend aus drei Sternen von wenig verschiedener Größe. Der nähere Begleiter läuft nach Mädler's Berechnung in etwa 58 Jahren retrograd um seinen Hauptstern und hat seit 1782 schon mehr als einen vollen Umlauf zurückgelegt. Auch der zweite Begleiter hat seit der ersten Herschel'schen Beobachtung im Jahre 1781 einen beträchtlichen Theil seiner Bahn in gleichem Sinne wie der nähere Begleiter zurückgelegt, ohne seine Distanz merklich zu ändern; Mädler gibt die Umlaufszeit zu etwa 600 Jahren an.
31. Der Begleiter entfernt sich vom Hauptstern, gegenwärtig in gerader Linie, und zwar hat, von 1828 an, die Entfernung in 8 Jahren von 4″,8 bis 10″,3 zugenommen. Ob er ein optischer oder physischer Doppelstern ist, läßt sich hieraus noch nicht entscheiden.
32. Die allmählige Aenderung der Distanz und Position ist sehr merklich.
33. Merkwürdig, weil ungeachtet der großen Distanz (20″) eine allmählige Aenderung in der Stellung entschieden vor sich geht.
34. Dreifach; die beiden größern Sterne sind nur 1″ von einander entfernt. Die bisherigen Beobachtungen zeigen keine Aenderung der gegenseitigen Stellung an.
35. Die Entfernung ist 23″. Struve hält eine Bewegung des Begleiters für wahrscheinlich.
36. Die Entfernung der beiden Sterne hat seit W. Herschels Zeiten immerfort abgenom-

Digitized by Google

Nummer	Name des Sterns.	Ort des Sterns. Gerade Aufsteigung	Abweichung.	Größe und Farbe des Hauptsterns.		Größe und Farbe des Begleiters.	
37	γ Leonis	10h. 11,'7	+ 20°. 36'	2	Gr. glänz. goldf.	3½	Gr. rothgrün
38	Anonyma	11. 5,4	+ 74. 17	7	„ gelblich	7½	„ gelblichgrau
39	Anonyma	11. 5,4	+ 20. 58	7	„	7	„
40	ξ Ursä maj.	11. 10,2	+ 32. 22	4	„ gelblich	5	„ aschfarbig
41	ε Leonis	11. 16,1	+ 11. 21	4	„ gelblich	7	„ blau
42	Anonyma	11. 59,5	+ 69. 54	7	„	7	„
43	24 Comä Berenic	12. 27,6	+ 19. 12	5	„ roth	6	„ blau
44	γ Virginis	12. 34,1	— 0. 38	3	„ gelblich	3	„ gelblich
45	35 Comä Berenic.	12. 45,9	+ 22. 4	5 8	„ gelblich „ blau	9	„
46	ζ Ursä maj.	13. 17,9	+ 55. 43	2	„ weiß	4	„ weiß

men; der Richtungswinkel hatte sich bis 1842 um 83° verändert. Im Jahre 1841 war die Entfernung so klein, daß Struve die beiden Sterne nicht mehr getrennt erkennen konnte, nur die längliche Gestalt deutete an, daß die zwei Sterne neben einander standen. Im Jahr 1842 fand Mädler den Stern vollkomenen rund, so daß eine centrale Bedeckung eingetreten war. Daß die beiden Sterne physisch mit einander verbunden sind, unterliegt keinem Zweifel.

37. Ein ausnehmend heller Doppelstern, zugleich bemerkenswerth wegen der Farbe der einzelnen Sterne. Die Aenderung des Positionswinkels ist nicht unbeträchtlich, und die physische Verbindung entschieden. Dieser Doppelstern ist besonders merkwürdig wegen seines muthmaßlichen Farbenwechsels, den wir schon oben erwähnt haben (§. 104).
38. Diese Sterne haben sich, seitdem sie zum ersten Male von Lalande beobachtet wurden, fortwährend genähert und werden um das Jahr 1850 zusammentreffen: ob sie übrigens eine physische Verbindung mit einander haben, wird zweifelhaft gemacht durch die große Distanz, in der sie früher von einander gestanden sind. Vielleicht bilden hier zwei Sterne von sehr verschiedener eigener Bewegung nur einen optischen Doppelstern.
39. Struve vermuthet bei diesen Sternen eine Aenderung der Lichtstärke, weil bald der eine, bald der andere heller erscheint: eine Aenderung in der Stellung findet er nicht wahrscheinlich.
40. Dieser Doppelstern gehört zu denjenigen, die am häufigsten beobachtet worden sind: die von Mädler berechneten Bahnelemente schließen sich der Beobachtung sehr genügend an. Die Umlaufszeit beträgt 61 Jahre.
41. Die Bewegung ist beträchtlich, aber die Beobachtung dehnt sich noch nicht auf eine hinlänglich lange Periode aus, um die Bahn bestimmen zu können.
42. Nach Struve der schwierigste Doppelstern: er erscheint entschieden länglich, aber eine Trennung der zwei Sterne war auch unter den günstigsten Verhältnissen nicht möglich.
43. Die beiden Sterne sind über 20" von einander entfernt, und man hat bisher keine Bewegung beobachtet. In Bezug auf diesen Doppelstern bemerkt Struve, daß die Farbe des einen Sterns schon sichtbar sei, wenn der andere noch gar nicht im Felde des Fernrohrs sich befinde; hiedurch widerlegt sich also die Vermuthung, daß die Farbe des Begleiters eine bloße Complementärfarbe sei.
44. Schon von Bradley (im Jahre 1718), als aus zwei nahe gleich hellen Sternen bestehend, erkannt: aus seinen Beobachtungen ergibt sich, daß damals die Distanz nahe 7", der Positionswinkel 160° betrug. Von jener Zeit an hat eine allmählige Annäherung stattgefunden bis zum Jahre 1835, wo die Conjunction eintrat und eine fast centrale Bedeckung erfolgte. Im Jahre 1844 hatte die Entfernung wieder bis auf 2" zugenommen.
45. Früher für einen Doppelstern gehalten, aber im Jahre 1828 von Struve als dreifach erkannt: der Hauptstern besteht nämlich aus zwei sehr nahen Sternen (Distanz 1", 4). Die Entfernung des kleinen Begleiters beträgt 28",6. Eine Bewegung nimmt man in diesem Systeme nicht wahr.
46. Längst als Doppelstern bekannt, aber wahrscheinlich nur optisch, denn eine Veränderung ist bisher nicht wahrgenommen worden: beide Sterne schimmern mattgrünlich.

Digitized by Google

Nummer	Name des Sterns	Ort des Sterns. Gerade Aufsteigung und Abweichung.	Größe und Farbe des Hauptsterns.	des Begleiters.
47	Anonyma	13h. 26′,6 + 0°. 27′	8 Gr. gelblich	9 Gr. gelblich
48	$\varkappa$ Bootis	14. 8,1 + 52. 30	5 „ grünlich	7 „ bläulich
49	ϱ Bootis	14. 34,0 + 14. 22	4 „ weiß	3½ „ weiß
50	ε Bootis	14. 38,4 + 27. 43	3 „ gelb	6 „ tiefblau
51	ξ Bootis	14. 44,5 + 19. 44	5 „ gelb	7 „ purpurroth
52	39 Bootis	14. 44,6 + 49. 20	6 „ weiß	6½ „ purpurfarben
53	44 Bootis	14. 58,8 + 48. 14	5 „ gelblich	6 „ bläulich
54	η Coronä	15. 17,0 + 30. 50	5 „ gelb	6 „ goldgelb
55	Anonyma	15. 18,9 + 37. 53	7 „ mattgrünlich	7 „ mattgrünlich
56	δ Serpentis	15. 27,6 + 11. 3	3 „ schwach gelbl.	4½ „ bläul. aschfarb.
57	γ Coronä	15. 36,4 + 26. 46	4 „ grünl. weiß	7 „ purpurfarben
58	ξ Librä	15. 56,1 — 10. 57	5 5 „ gelblich	7 „ mattbläulich

47. Ein schwacher Doppelstern, von Struve im Jahr 1825 entdeckt. Die Bewegung ist sehr beträchtlich und läßt keinen Zweifel übrig, daß dieser Doppelstern zu den physischen gehöre.
48. Eine allmählige Aenderung der Stellung ist wahrscheinlich, aber jedenfalls nicht beträchtlich.
49. Dieser Doppelstern ist besonders deßhalb merkwürdig, weil der Begleiter (der nachfolgende Stern) eine Lichtveränderung zeigt und zwischen der 3ten u. 4ten Größe schwankt: ob eine regelmäßige Periode stattfindet, ist noch unentschieden. Der Hauptstern ist keiner Aenderung des Lichtes unterworfen. Die Beobachtung weist bisher keine Bewegung nach.
50. Seit Herschel's Zeiten hat sich der Positionswinkel beträchtlich geändert, jedoch nicht so, daß eine Bahnbestimmung möglich wäre.
51. Der Begleiter hat seit 1780 in 56 Jahren eine retrograde Bewegung von 56° gemacht: Herschel gibt ihm eine Umlaufszeit von 117 Jahren.
52. Die Entfernung der beiden Sterne beträgt 3″,7. Wenn eine Bewegung in diesem Systeme stattfindet, so geht sie jedenfalls sehr langsam vor sich.
53. Die Bewegung des Begleiters ist ziemlich schnell und die Bahn bildet, von der Erde aus gesehen, fast eine gerade Linie. W. Herschel fand den Begleiter 1787 auf der nordöstlichen Seite, und bemerkte bis 1802 eine allmählige Annäherung; nicht lange darauf muß eine Bedeckung stattgefunden haben, denn im Jahre 1819 sah Struve den Begleiter auf der südwestlichen Seite: seither hat die Entfernung in dieser Richtung zugenommen.
54. Aus den Beobachtungen seit 1781 hat Mädler die Bahn berechnet und findet die Umlaufszeit 43 Jahre: die mittlere Entfernung ist 1″.
55. Dieser feine Doppelstern, zusammengesetzt aus einem Hauptstern, der etwas über, und einem Begleiter, der etwas unter der 7ten Größe ist, steht von einem einfachen Stern 4ter Größe (μ Bootis) 108″ entfernt. Distanz und Positionswinkel haben sich seit der Entdeckung dieses Doppelsterns 1826 so bedeutend geändert, daß die physische Verbindung keinem Zweifel mehr unterliegt. Mädler hat die Elemente der Bahn berechnet und gibt die Umlaufszeit zu 146 Jahren an.
56. Glänzender Doppelstern; der Begleiter hat seit Herschel's Zeiten ungefähr 1/10 seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt.
57. Diesen merkwürdigen Doppelstern hat Struve im Jahre 1826 zuerst beobachtet; seither hat sich der Begleiter in gerader Linie gegen den Hauptstern bewegt: die scheinbare Berührung erfolgte im Jahre 1832; 1835 war eine centrale Bedeckung eingetreten und erst 1842 kam der Begleiter auf der andern Seite des Hauptsterns wieder zum Vorscheine.
58. Ein dreifaches System, worin beträchtliche Bewegung vorgeht. Seit Herschel's Zeiten haben die zwei größern Sterne ihren Positionswinkel um mehr als 180° geändert: die Bewegung ist direkt. Der kleinere Begleiter bewegt sich in entgegengesetzem Sinne und mit weit geringerer Winkelgeschwindigkeit. Aehnliche Verhältnisse kommen bei ϱ Cancri vor.

Digitized by Google

Nummer	Name des Sterns.	Ort des Sterns. Gerade Aufsteigung und Abweichung.	Größe und Farbe des Hauptsterns.	Größe und Farbe des Begleiters.
59	$\varkappa$ Herculis	$16^h.$ 1',3 + 17°. 27'	5 Gr. gelb	6 Gr. gelb
60	σ Coronä	16. 9,1 + 34. 14	5 „ gelblich	6 „ bläulich
61	λ Ophiuchi	16. 23,4 + 2. 19	4 „ gelb	6 „ bläulich
62	ζ Herculis	16. 35,6 + 31. 53	3 „ gelblich	$6^1/_2$ „ röthlich
63	210 Herculis	16. 58,6 — 28. 18	$6^1/_2$ „ gelb	9 „ tiefblau
64	μ Draconis	17. 2,2 + 54. 40	5 „ weiß	5 „ weiß
65	α Herculis	17. 7,8 + 14. 34	3 „ glänz. röthl. gelb	5 „ tiefblau
66	δ Herculis	17. 8,9 + 25. 1	3 „ glänz. grün	8 „ grauweißlich
67	Anonyma	17. 22,6 — 0. 56	6 „ goldfarbig	6 „ goldfarbig
68	τ Ophiuchi	17. 54,9 — 8. 10	5 „ gelblich	6 „ gelblich
69	95 Herculis	17. 55,1 + 21. 36	5 „ grüngelb	5 „ schön roth
70	70 Ophiuchi	17. 57,9 + 2. 32	4 „ gelb	6 „ purpurfarben

59) Diesen Doppelstern hat schon Flamsteed vor nahe anderthalb Jahrhunderten beobachtet. Die Distanz nimmt ziemlich schnell ab, wie man aus folgender Zusammenstellung ersehen kann:

1703	56″,8	Flamsteed,
1782	39,98	W. Herschel,
1822,7	31,45	Struve,
1831,5	31,23	„
1836,3	31,01	„

Auf diese Bestimmungen läßt sich wegen der Unsicherheit der ältern Angaben keine weitere Folgerung vorläufig gründen.

60. Seit Herschel's Zeit besitzen wir zahlreiche Beobachtungen dieses schönen Doppelsterns; der durchlaufene Bogen beträgt mehr als die Hälfte der scheinbaren Bahn. Die Bahnbestimmung bietet indeß viele Schwierigkeiten dar. Nach den neuern Rechnungen von Mädler beträgt die Umlaufszeit etwas weniger als 500 Jahre.
61. Der Begleiter scheint um den Hauptstern in einer Kreisbahn herumzugehen; die Bewegung ist direkt, und die Umlaufszeit dürfte 89 Jahre betragen.
62. Die scheinbare Bahn des Begleiters bildet fast eine gerade Linie; die Umlaufszeit beträgt nach Mädler 30 Jahre, und die Bewegung ist sehr rasch, so zwar, daß bereits zweimal, nämlich im Jahr 1802, dann von 1828—1831 eine centrale Bedeckung beobachtet worden ist. Die Beobachtungen sind ungemein schwierig.
63. Ein entschieden physischer Doppelstern, von Struve entdeckt. Die Bewegung des Begleiters ist sehr bedeutend und äußert sich in der Position und Distanz.
64. Die Entfernung der Sterne ist nur 3″,2; die allmählige Aenderung des Positionswinkels ziemlich bedeutend.
65. Ob dieser Doppelstern zu den physischen gehöre, ist noch unentschieden. Der Begleiter ist veränderlich und hat seit 20 Jahren etwa um 2 Größen zugenommen. Auch der Hauptstern ist veränderlich, doch in geringerem Grade.
66. Die Distanz ist in 55 Jahren (1781—1836) von 34″,22 auf 24″,88 herabgekommen, wogegen der Winkel von 162°. 28' auf 174°. 47' gelangt ist, — eine fast unzweifelhafte Bahnbewegung und zwar von großem Durchmesser.
67. Struve fand ihre Entfernung im J. 1829—32 ungefähr $^1/_2$″: im Jahr 1836 hatte der eine den andern bedeckt.
68. Die zwei Sterne, woraus dieses System besteht, waren mit einander schon zu Herschel's Zeiten in Berührung, später scheint eine centrale Bedeckung statt gefunden zu haben, und erst im J. 1835 trat der Begleiter wieder hervor. Seit dieser Zeit hat die Distanz stets zugenommen. Mädler gibt die muthmaßliche Umlaufszeit zu 105 Jahren an.
69. Die gegenseitige Stellung seit Herschel noch unverändert; der Abstand beträgt 6″.
70. Dieser Doppelstern hat seit der ersten Beobachtung beinahe einen ganzen Umlauf zurückgelegt; seine Umlaufszeit dauert nach Mädler 93 Jahre.

Digitized by Google

Nummer	Name des Sterns.	Ort des Sterns. Gerade Aufsteigung und Abweichung.	Größe und Farbe des Hauptsterns.	des Begleiters.
71	Anonyma	18h. 24',4 + 64°. 54'	8½ Gr.	11 Gr.
72	ε Lyrä 5	18. 39,4 + 39. 31 18. 39,4 + 39. 27	5 „ grünlich 5 „ glänz. weiß	6 „ bläul. weiß 5 „ glänz. weiß
73	ϑ Serpentis	18. 48,8 + 4. 1	4 „ gelblich	4 „ gelblich
74	o Draconis	18. 49,0 + 59. 12	4½ „ glänz. gelb	7½ „ aschfarbig
75	δ Cygni	19. 40,3 + 44. 46	3 „ grünlich	7 „ aschfarbig
76	γ Delphini	20. 39,7 + 15. 34	4 „ goldgelb	5 „ blaugrün-
77	ε Equulei	20. 51,6 + 3. 43	5½ 6 „ gelblich	7 „ grauweiß
78	61 Cygni	21. 0,2 + 38. 1	5 „ goldgelb	6 „ goldgelb
79	δ Equulei	21. 7,2 + 9. 24	4 „	10 „
80	Anonyma	22. 3,5 + 58. 34	7 „ sehr weiß	8 8 „ sehr weiß
81	ζ Aquarii	22. 21,1 — 0. 47	4 „ weiß	4 „ weiß
82	18 Honor. Frid.	22. 39,4 + 38. 41	7 „ schön goldfrb.	9 „ aschfarbig

71. Dieser Doppelstern (Distanz 12″) ist merkwürdig dadurch, daß ihn ein elliptisch geformter schwacher Nebel umgibt, so daß die beiden Sterne die Brennpunkte einnehmen. Kein anderer der benachbarten Sterne zeigt eine Spur von neblichter Umhüllung.

72. Ein zweifacher Doppelstern. Die Entfernung der beiden Systeme beträgt 3′ 27″: es ist nicht unwahrscheinlich, daß beide zusammengehören. Daß eine Bewegung in dem einen wie in dem andern dieser Doppelsterne vorgeht, ergibt sich unzweifelhaft aus der Vergleichung der Messungen von Herschel und Struve.

73. Entfernung 22″: eine Aenderung nicht wahrscheinlich.

74. In diesem Systeme hat seit Herschel eine sehr beträchtliche Aenderung stattgefunden; gleichwohl darf man noch wegen der großen Distanz (über 30″) Bedenken tragen, den Doppelstern zu den physischen zu zählen. Bei den Doppelsternen, deren Bahn man bisher berechnet hat, kommt nirgends eine so große Distanz vor.

75. Der sehr nahe und im Verhältniß zum Hauptsterne schwache Begleiter wurde von W. Herschel im Jahr 1783 beobachtet und ist dann nicht mehr wahrgenommen worden, bis ihn Struve im Dorpater Refractor 1826 wieder erkannte. Er hat in 59 Jahren 50° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt.

76. Seit Herschel's Zeiten hat sich die gegenseitige Stellung nicht verändert, aber vielleicht die Farbe (s. §. 104).

77. Struve hat den Hauptstern als doppelt erkannt, die Distanz ist nur 0″,4. Der kleine Begleiter scheint eine geringe Bewegung zu haben.

78. Gegenwärtig der wichtigste aller Doppelsterne, weil wir seine absolute Entfernung von der Sonne kennen (§. 98) — nach der äußerst sorgfältigen Bestimmung von Bessel 12 Billionen Meilen oder 592200 Sonnenweiten — und zugleich eine bereits 90 Jahre umfassende Reihe von Beobachtungen zur Bestimmung der Bahn besitzen.

79. Herschel's Beobachtungen, mit jenen von Struve verglichen, deuten entschieden eine Aenderung in diesem Doppelsterne an.

80. Von Sir J. Herschel, South und Struve als Doppelstern beobachtet; Letzterem ist es aber 1832 gelungen, den Begleiter, als aus zwei Sternen bestehend, zu erkennen. Die Begleiter sind von einander nur eine halbe Sekunde, vom Hauptstern aber 21″,4 entfernt. Eine Aenderung der Distanz oder des Positionswinkels ist noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden.

81. Beide Sterne mit einem mattgrünlichen Schimmer. Die Distanz hat seit Herschel entschieden abgenommen, und der Begleiter hat in 55 Jahren 26° retrograde Bewegung gemacht. Die physische Verbindung ist außer Zweifel.

82. Die Distanz ist 31″. Diesen Stern hat Struve zuerst beobachtet; in Herschel's Verzeichnissen kommt er nicht vor.

Digitized by Google

Nummer	Name des Sterns.	Ort des Sterns. Gerade Aufsteigung und Abweichung.	Größe und Farbe des Hauptsterns	des Begleiters.
83	Anonyma	23h. 57′,1 + 33°. 25′	$\begin{cases} 7^1/_2 \\ 7^1/_2 \end{cases}$ Gr. gelblich	9 Gr.
84	Anonyma	23. 58,4 + 57. 36	7 „ gelblich	8 „ gelblich

83. Die zwei ersten Sterne stehen nur $^1/_2$″ von einander ab, der schwache Begleiter ist über 20″ entfernt.

84. Von 1782 bis 1836 hat der Begleiter mehr als den halben scheinbaren Umlauf zurückgelegt. Mädler hat die Bahn berechnet und findet eine Umlaufszeit von 146 Jahren.

111. Sternhaufen und Nebelflecken. Wir haben früher Gelegenheit gehabt, die große Anzahl der Sternhaufen, die am Himmel vorkommen, zu erwähnen: hält man hiemit die obige Klassenaufzählung von Struve (§. 109) zusammen, so wird man mit Recht darüber sich wundern, daß ein allmäliger Uebergang von den einfachen zu den zusammengesetztern Systemen fehlt. In den Katalogen des ältern Herschel kommen nicht weniger als 263 Sternhaufen vor, so daß jedenfalls einige hundert sechsfache Sterne zu erwarten gewesen wären; anstatt dessen führt Struve nur einen einzigen auf. Allerdings ist hier der Umstand in Rechnung zu nehmen, daß Struve nur die hellern Sterne vorzugsweise berücksichtigt hat, aber auch dann liefert, glaube ich, die große Seltenheit der zusammengesetzteren Systeme den klaren Beweis, daß die Sternhaufen in eine ganz andere Kategorie als die Doppelsterne zu stellen sind und ganz andere Beziehungen zum Universum haben. Nimmt man die von Herschel im Jahr 1785 entwickelten Ideen als begründet an, dann stellt sich Alles vollkommen natürlich dar. Das Universum besteht aus einzelnen Sternhaufen, im unendlichen Raume ausgetheilt, unter welchen unser System wahrscheinlich einen der bedeutendsten bildet. In großer Ferne, jenseits der Grenzen unsers Systems, bemerken wir die übrigen Haufen allmälig an Licht abnehmend, bis sie bloß mehr als heller Schimmer — Nebelflecken — erscheinen.

Es ist zwar keineswegs unmöglich, daß ein System von Sternen zu einer oder der andern Zeit ein sehr unregelmäßiges Aussehen darbiete, zu erwarten ist übrigens vorzugsweise eine kreis- oder linsenförmige Gestalt. Der größte Theil der Sternhaufen und Nebelflecken bieten auch dieses Aussehen dar: die unregelmäßigen Gestalten mögen vielleicht in der Wirklichkeit unförmlich sein, oder aus mehreren Systemen bestehen, die hinter einander sind, und nur für uns nahe in dieselbe Gesichtslinie fallen.

Es scheint hier zweckmäßig, die Frage zu erörtern, nach welchen Richtungen am Himmel die meisten Sternhaufen und Nebelflecken zu finden sind. W. Herschel führte zur Unterstützung seiner Hypothese über den Bau des Fixsternhimmels an, daß von den 263 vorzüglichsten Sternhaufen 225 in oder an der Milchstraße, und nur 38 weiter von derselben entfernt vorkommen; eine allgemeine Zusammenstellung widerstreitet indessen entschieden der Ansicht, daß mehr Sternhaufen in der Ebene der Milchstraße als anderwärts sich befinden. Nimmt man Sternhaufen und Nebelflecken zusammen, so ergeben sich aus Sir J. Herschel's Verzeichnissen für das ganze Himmelsgewölbe folgende Zahlen:

Digitized by Google

Stunden, Gerade Aufsteigung	Zahl der Sternhaufen und Nebelflecken.
0^h-2^h	315
2—4	195
4—6	395
6—8	192
8—10	267
10—12	535
12—14	785
14—16	231
16—18	107
18—20	131
20—22	188
22—24	234

Man erkennt hier eine ziemlich regelmäßige Vertheilung. Von 12^h—14^h ist die Zahl am größten, und nimmt nach beiden Seiten ab: eine zweite, aber minder hervortretende Verdichtung treffen wir von 4^h—6^h. Bei näherer Untersuchung erkennt man, daß es eigentlich zwei Pole der Verdichtung gibt, wovon der eine ungefähr auf den nördlichen Flügel der Jungfrau, der andere unweit des Südpols in die Gegend der Magellanischen Wolken trifft. Nimmt man an, daß unser Sonnensystem sehr excentrisch in der Milchstraße gestellt ist, so konnte man die eben bemerkten Punkte der größten Verdichtung als Pole der Milchstraße ansehen. Man erkennt hieraus, daß jedenfalls das Universum nicht nach Herschel's Ideen in der Richtung der Milchstraße, sondern nach den oben bezeichneten Gegenden, und wahrscheinlich senkrecht auf der Richtung der Milchstraße, seine größte Ausdehnung hat.

112. Verzeichniß der vorzüglichsten Nebelflecken und Sternhaufen. Ich habe hier aus Sir J. Herschel's großem Verzeichnisse einige der merkwürdigsten Nebelflecken und Sternhaufen, die bei uns sichtbar sind, zusammengestellt. In den Noten finden sich über einzelne Objekte nähere Angaben; ich muß indessen bemerken, daß bisher unsere Kenntniß in diesem höchst interessanten Zweige der Astronomie sehr mangelhaft geblieben ist. Messier, Sir W. Herschel und Sir J. Herschel haben meistens nur mit wenigen Worten die Gestalt der Nebel beschrieben: von dem letzteren Astronomen besitzen wir zwar auch schätzbare Zeichnungen, die jedoch (mit wenigen Ausnahmen) nur eine allgemeine Vorstellung von der Gestalt geben. Ich habe ebenfalls versucht, besonders in den Jahren 1836—37, einzelne Nebel und Sternhaufen genauer und mehr in Detail zu bestimmen und aufzuzeichnen;*) der Erfolg war indessen wenig bedeutend, denn die Arbeit ist ungemein weitläufig und schwierig, und würde, wenn Ersprießliches geleistet werden soll, auf einen

*) Ich ging damals von der Idee aus, daß Nebelmassen im Weltraume selbstständig bestehen könnten, und wollte diejenigen Bestimmungen herstellen, aus welchen es möglich würde, in künftiger Zeit die Verhältnisse dieser Massen, (allmälige Verdichtung oder unveränderten Bestand durch Rotation) zu erkennen. Ich hege aber jetzt die volle Ueberzeugung, daß alle Nebel zuletzt als sehr entfernte Sternhaufen sich erweisen werden: durch den bisherigen Gang der Untersuchung, insbesondere durch die neuesten mit dem Rosse'schen Riesentelescop erhaltenen Resultate sind nach meiner Ansicht alle für die Nebeltheorie vorgebrachten Argumente im Wesentlichen entkräftet worden.

Digitized by Google

langen Zeitraum die ganze Thätigkeit einer Sternwarte in Anspruch nehmen. Bei Vermessung eines Sternhaufens gehört schon länger fortgesetzte Beobachtung dazu, um sich nur in dieser zahllosen Menge von kleinen Lichtpünktchen gehörig zu orientiren; die Messung der Winkel erfordert auch vielen Zeitaufwand. Was die ganz dichten Sternhaufen betrifft, so fand ich es absolut unmöglich, bestimmte Anhaltspunkte mir zu merken und wieder zu erkennen.

Will man einen Nebelflecken verzeichnen, so ist es fürs Erste sehr schwer, die Lichtabstufungen auszudrücken, dann aber liegt eine Hauptschwierigkeit der Arbeit darin, daß die schwächern Nebeltheile bei weniger günstiger Luft ganz verschwinden, auch der Helligkeitsunterschied zwischen den sichtbaren Theilen geringer ist. So kommt es, daß derselbe Nebel, je nach der Beschaffenheit der Luft, eine ganz verschiedene Größe und Gestalt haben kann.

Verzeichniß der vorzüglichsten Nebelflecken und Sternhaufen.

Nummer	Gerade Aufsteigung 1830.	Poldistanz	Bemerkungen.
1	0h 3',9	18° 25'	Ein Stern 10. Gr., m. Nebel umgeben, Durchmesser 15".
2	0 33,4	49 40	Großer Nebel in der Andromeda.
3	0 33,5	50 4	Nebelfleck nächst dem großen Andromeda-Nebel.
4	0 42,5	43 22	Nebel, rund, fast planetarisch, Durchmesser 20".
5	1 15,8	87 5	Kometenförmiger Nebel.
6	1 22,0	30 11	Runder Sternhaufen, Durchmesser 6'—8'.
7	1 22 8	97 44	Runder Nebel, heller in der Mitte; Durchmesser 15—20".
8	1 32,4	28 58	Sternhaufen.
9	1 43,1	50 7	55 Andromedä, Stern mit Nebelatmosphäre.
10	1 50,4	59 24	Nebel, rund; Durchmesser 40".
11	2 7,1	33 37	Großer Sternhaufen im Perseus.
12	2 12,0	48 25	Schwacher länglicher Nebel.
13	2 56,8	116 43	Runder Nebel, Durchmesser 30".
14	3 58,6	59 41	Ein schwacher, runder Nebel, m. 1. Stern 8. Gr. in der Mitte.
15	5 20,1	55 54	Ein fast runder Nebel mit 3 Sternen in der Mitte.

2. Den großen Nebel in der Andromeda hat zuerst Simon Marius (1612) beobachtet: er vergleicht ihn mit dem Lichte einer Kerze, wenn man es durch ein Horn (oder sonstigen halbdurchsichtigen Körper) ansieht. Cassini beschreibt diesen Nebel als dreieckig, Le Gentil als rund, Anfangs (1749), und später (1757) oval: Messier (1764) hat ihn auch oval gesehen, mit starker Zunahme des Lichtes gegen die Mitte, während Le Gentil das Licht auf der ganzen Ausdehnung des Nebels gleichmäßig fand. Ich habe diesen Nebel im Jahr 1836 häufig mit dem großen Refractor der Münchener Sternwarte beobachtet, und ihn, was das Aussehen überhaupt betrifft, ungefähr so gefunden, wie ihn Simon Marius beschrieben hat. Außerdem erkannte ich aber in der Mitte einen Kern, der auch mit 1200facher Vergrößerung zwar nicht aufgelöst wird, aber das flockige Ansehen zeigt, was ich als einen sichern Beweis der Auflösbarkeit betrachte. Der Kern ist länglich, der größere Durchmesser beträgt 7".
11. Den großen Sternhaufen im Perseus habe ich in den Jahren 1836 und 1837 trigonometrisch aufgenommen: er besteht aus ungefähr 100 Sternen von der 8ten Größe abwärts bis zu den kleinsten Pünktchen, die man mit dem großen Refractor nur bei günstigen Umständen wahrnimmt. Gleich daneben steht ein anderer sehr bedeutender Sternhaufen mit einem röthlichen Sterne in der Mitte.
12. Dieser Nebel hat einen leeren Raum in der Mitte. Herschel hat eine Abbildung davon gegeben.
15. Die Sterne sind 11ter, 12ter, 14ter Größe und bilden ein Dreieck; der Nebel umgibt sie wie eine Atmosphäre.

Digitized by Google

Nummer	Gerade Aufsteigung. 1830.	Poldistanz. 1830.	Bemerkungen.
16	5h 26',9	95° 30'	Großer Nebel im Orion.
17	5 32,8	81 0	Planetarischer Nebel, fast rund, Durchmesser 12".
18	6 2,8	96 12	Ein Stern 10. — 11. Gr. mit Nebelatmosphäre.
19	7 19,1	68 45	Ein Stern 8. Gr. mit runder Nebelatmosphäre, Durchmesser 25".
20	7 34,0	104 20	Planetarischer Nebel, Durchmesser 55", ein Stern nahe an der Mitte.
21	8 5,3	95 15	Großer Sternhaufen, Sterne 9. — 13. Gr.
22	8 30,4	69 26	Die Krippe im Krebs.
23	8 39,7	70 19	Runder Nebelfleck.
24	8 41,3	38 3	Länglicher Nebel, verdichtet gegen die Mitte.
25	8 42,1	55 8	Länglicher Nebel, 5' lang, 50" breit.
26	8 45,8	9 25	Länglicher Nebel zwischen zwei Sternen.
27	9 10,2	38 18	Länglicher Nebel, verdichtet gegen die Mitte.
28	9 22,5	67 45	Großer Nebelfleck, ein kleiner daneben.
29	9 41,3	20 8	Sehr heller länglicher Nebel.
30	9 56,8	96 54	Länglicher Nebel mit hellem Kern.
31	10 2,9	38 41	Ein Stern 7. Gr. mit Nebel von 2' bis 3' umgeben.
32	10 17,7	60 37	Nebel 40" lang, 15" breit, heller Kern.
33	10 28,1	35 37	Nebel mit hellem runden Kern von 15" Durchmesser.
34	10 34,9	77 25	Großer runder Nebel von 2' — 3' Durchmesser.
35	10 37,7	77 18	Nebel 6' lang, 5' breit.
36	10 38,8	76 32	Zwei runde Nebel, nahe aneinander.
37	10 41,9	61 7	Runder Nebel, hell in der Mitte.
38	10 51,3	75 11	Fast runder Nebel, sehr verdichtet gegen die Mitte.

16. Unter allen Nebelflecken ist der Orionnebel am häufigsten beobachtet und verzeichnet worden. Von den verschiedenen Zeichnungen sieht keine der andern gleich: dessen ungeachtet kann man überzeugt sein, daß in dem Nebel selbst keine Aenderung vorgekommen ist. Die Helligkeit der Atmosphäre und die Lichtstärke des Fernrohrs hat einen erstaunlichen Einfluß, wenn es sich um schwache Lichtabstufungen handelt; auch ist der Grad von Sorgfalt und Geschicklichkeit, womit die verschiedenen Zeichnungen gemacht worden sind, sehr verschieden. Die erste sorgfältig entworfene Zeichnung ist von Herschel (1824). Den hellsten Theil habe ich (1836 und 1837) gezeichnet: ich fand, daß er aus mehreren runden und dreieckigen Parthien besteht, deren Lage ich micrometrisch bestimmte. Herschel gab im Jahre 1847 eine zweite Darstellung (nach seinen Beobachtungen am Cap d. g. H.) heraus, die als ein Meisterwerk zu betrachten ist, man mag die Genauigkeit der Aufnahme, oder die Ausführung der Zeichnung berücksichtigen. Eine kleinere Zeichnung findet man in Kaiser's Astronomie; sie gibt von dem Aussehen des Nebels im Ganzen eine sehr richtige Verstellung. — Besonders merkwürdig ist der Umstand, daß in dem Trapez immer neue Sterne entdeckt worden sind: Huyghens kannte nur drei Sterne, bei den spätern Astronomen findet man durchgängig vier verzeichnet; einen fünften fand Struve 1826, einen sechsten South 1832; von mir sind später ebenfalls zwei aufgefunden worden, die zum Trapez gerechnet werden können. Einige Astronomen hielten diese Sterne für solche, die sich aus dem Nebel gebildet hätten: unterdessen habe ich schon 1837 die Ueberzeugung ausgesprochen, daß eine Nebelmaterie hier gar nicht vorhanden sei, sondern daß der ganze Orionnebel aus Sternen bestehe; ich glaubte sogar, in günstigern Momenten, die einzelnen Lichtpünktchen wahrzunehmen. Das große Teleseop von Lord Rosse hat nun alle Zweifel gehoben: es löst den ganzen Nebel in einen Sternhaufen auf. Da ich oben die großen Unterschiede zwischen den verschiedenen vorhandenen Zeichnungen erwähnt habe, so glaube ich noch den Leser auf die Darstellung von Huyghens (in seiner Schrift Systema Saturnium betitelt) verweisen zu müssen. Es ist nicht möglich, die mindeste Aehnlichkeit mit der wirklichen Gestalt des Nebels hier zu erkennen; auch sind die Sterne weder unter sich noch im Verhältnisse zum Nebel richtig verzeichnet.

22. Die Krippe erscheint im Fernrohr nicht als Sternhaufen, sondern als eine an größern Sternen reiche Gegend.

33. Herschel's Abbildung ist in Fig. 53 dargestellt.

Digitized by Google

Nummer	Gerade Aufsteigung. 1830.	Poldistanz. 1830.	Bemerkungen.
39	10h 53′,9	61° 6′	Nebelfleck gegen den Rand verwaschen.
40	10 57,1	89 7	Nebel 4′ lang, 1′ breit, Kern excentrisch.
41	11 4,8	34 4	Runde Nebelscheibe ohne scharfe Gränze, Durchmesser $2^1/_2$′.
42	11 8,4	30 18	Nebel mit hellem Kern.
43	11 10,0	75 59	Länglicher Nebel mit rundem hellen Kern.
44	11 11,4	75 28	Ziemlich schwacher, sehr langer Nebel.
45	11 15,5	50 18	Runder Nebel, Durchmesser 50″.
46	11 43,9	44 56	Nebel (wahrscheinlich Sternhaufen), rund, 3′ — 4′ Durchmesser.
47	11 44,1	52 3	Nebel, hell, 1′ — $1^1/_2$′ Durchmesser.
48	11 47,2	82 18	Länglicher Nebel mit Kern 30″ lang, 15″ breit.
49	11 49,1	63 48	Ein schwacher Nebel, mitten zwischen zwei Sternen.
50	11 57,9	60 52	Runder Nebel, Durchmesser $^1/_2$′ — 1′.
51	11 58,1	21 54	Länglicher Nebel, 2′ lang.
52	11 58,3	46 0	Länglicher Nebel, 40″ lang, 10″ breit.
53	11 59,5	78 40	Länglicher Nebel.
54	12 5,1	74 8	Schmaler Nebel, 10′ lang.
55	12 6,5	55 21	Runder Nebel.
56	12 7,2	75 54	Schmaler Nebel $7^1/_2$′ lang, mit Kern.
57	12 9,5	60 53	Länglicher Nebel mit elliptischem Kern.
58	12 10,5	41 45	Nebel mit Kern, 6′ lang, 3′ breit.
59	12 11,3	59 26	Nebel 2′ lang, 1′ breit.
60	11 11,5	59 46	Runder Nebel, Durchmesser $1^1/_2$′.
61	12 12,1	83 43	Runder Nebel.
62	12 15,1	42 3	Länglicher Nebel mit Kern.
63	12 15,7	107 50	Runder Nebel (wahrscheinlich Sternhaufen) mit Kern, $1^1/_2$′ Durchmesser.
64	12 17,5	76 7	Nebel mit hellem Stern.
65	12 18,0	57 50	Nebel mit Kern, 3′ lang, $1^1/_2$′ breit.
66	12 19,9	71 59	Runder Nebel, 1′ — 2′ Durchmesser.
67	12 21,1	81 4	Runder Nebel, 1′ — 2′ Durchmesser.
68	12 22,1	76 40	Nebel, rund, Durchmesser 1′ — 3′.
69	12 22,9	63 17	Runder Nebel mit Kern, 40″ — 50″ Durchmesser.
70	12 22,9	47 29	Langer Nebel.
71	12 23,4	74 38	Nebel, 8′ lang 1′ breit.
72	12 25,4	81 22	Länglicher Nebel.
73	12 25,7	47 43	8 Canum, Stern mit runder Nebelhülle.
74	12 28,2	81 49	Nebelfleck, 2′ lang, hell gegen die Mitte.
75	12 31,2	100 40	Länglicher Nebel, umgeben von einer schwachen Hülle.
76	12 35,2	72 41	Nebel fast rund, 30″ Durchmesser.
77	12 36,0	77 3	Nebel mit sternartigem Kern.
78	12 39,8	94 52	Nebel länglich mit Kern.
79	12 40,2	97 44	Runder Nebel, sicher in Sterne auflöslich, 40″ Durchmesser.
80	12 42,1	63 34	Heller Kern mit ovaler Nebelhülle, 4′ lang, 3′ breit.

43. Nach meinen Beobachtungen besteht dieser Sternhaufen aus einem nicht scharf begränzten hellen Kern, und zwei minder hellen Armen, die sich nach entgegengesetzter Richtung ausdehnen. Die Vergleichung meiner Messungen mit Herschel's Beschreibung würde andeuten, daß jetzt die Arme eine andere Richtung haben, als früher; die Sache ist indessen zweifelhaft. Fig. 54 stellt den Nebel dar.

73. Sir J. Herschel bemerkt, daß alle Sterne bisweilen (und zwar bei anscheinend reiner Luft) mit Nebelhüllen umgeben erscheinen, während sie gewöhnlich davon frei sind: er glaubt, daß der Grund hievon in den obern Luftregionen zu suchen sei. Bei dem oben angegebenen Sterne ist übrigens die Nebelhülle constant.

74. Die Mitte dieses Nebels löste Sir J. Herschel's zwanzigfüßiges Teleskop in Sterne auf.

75. Auf der obern Seite ist die schwache Hülle von dem innern Nebel durch einen schmalen langen Zwischenraum getrennt.

Digitized by Google

Nummer	Gerade Aufsteigung. 1830.	Poldistanz. 1830.	Bemerkungen.
81	12h 42',9	47° 57'	Nebel, wahrscheinlich auflöslich.
82	12 48,4	67 24	Länglich ovaler Nebel.
83	12 52,0	86 35	Ein Stern am Ende eines Nebels.
84	13 3,1	52 1	Länglicher Nebel, 4' lang, 1' breit.
85	13 4,5	70 55	Sternhaufen, 5' Durchmesser.
86	13 22,6	41 56	Nebel umgeben von einem Nebelring.
87	13 34,2	60 46	Sternhaufen, über 1000 Sterne 11. Gr. und darunter.
88	13 49,4	41 57	Länglicher Nebel, 50" lang, 15" breit.
89	13 57,8	60 40	Sternhaufen von 14 Gr. abwärts.
90	15 0,0±	69 48±	Nebel von einem kleinern Nebel begleitet.
91	15 1,8	33 35	Nebel 50" lang, 20" breit.
92	15 9,9	87 16	Kugelförmiger Sternhaufen, sehr dicht, 2½' Durchmesser.
93	16 35,6	53 13	Sternhaufen, sehr dicht
94	16 37,3±	65 53±	Nebelfleck, 8" Durchmesser, uneben am Rande.
95	16 38,4	91 38	Sternhaufen, Sterne von 20. — 15. Gr.
96	16 48,2	93 50±	Sternhaufen, Durchmesser 6', 9. — 15. Gr.
97	16 52,1	116 0	Kugelförmiger Sternhaufen.
98	17 19,0	113 36	Runder Nebel, 40" Durchmesser.
99	17 44,7	66 53	Kleine runde Scheibe von 1" — 1½", mit schwachem Nebel umgeben.
100	18 3,8	83 11	Planetarischer Nebel, 8" Durchmesser.
101	18 10,7	106 18	Omega-Nebel.
102	18 42,0	96 28	Großer Sternhaufen im Sobieskischen Schilde.
103	18 47,2	57 11	Planetarischer Nebel in der Leier.

82. Dieser Nebel hat nach Herschel wahrscheinlich einen Doppelstern als Kern, und darunter einen kleinen dunkeln Raum.
83. Es ist, als wenn vom Sterne ein Schweif, gleich einem Kometenschweife ausginge. Herschels Zeichnung ist in Fig. 55 abgebildet.
85. Einige Sterne 12 Gr. in der Mitte, dann eine unzählige Menge kleiner Sterne bis zu verschwindenden Pünktchen herab.
86. Der Nebelring bietet das Ansehen dar, welches unsere Milchstraße von großer Ferne darbieten würde. Siehe Fig. 56. Daneben steht ein andrer kleinerer Nebelfleck.
93. In Fig. 62 nach Herschels Zeichnung abgebildet.
94. Nebelfleck von ungleichmäßigem Lichte. Ich habe ihn wiederholt untersucht. Fig. 57 stellt ihn ziemlich richtig vor.
101. Dieser Nebel (den Fig. 58 nach meinen Beobachtungen darstellt) hat ungefähr die Form eines griechischen Omega, daher der Name, der ihm von Herschel gegeben worden ist. Ich habe diesen Nebel sehr sorgfältig beobachtet, und theils im Nebel selbst, theils in seiner unmittelbaren Nähe nicht weniger als 35 Sterne gefunden, wovon 9 in Herschel's Zeichnung (1847) fehlen. Im Nebel wird man einen ovalen hellen Knoten bemerken, und einen äußerst schwachen Doppelstern daneben. Ich zweifle nicht, daß dieser Nebel aus einer Masse sehr entfernter Sterne besteht, halte es aber wegen der höchst unregelmäßigen Gestalt nicht für wahrscheinlich, daß das Ganze ein System bilde, vielmehr glaube ich, daß wir hier eine Menge Systeme, theils neben einander, theils blos optisch aufeinander projicirt, sehen.
102. Diesen Sternhaufen, oder vielmehr den dichtesten Theil davon, habe ich trigonometrisch vermessen. Auf einer Ausdehnung von ungefähr 4 Minuten im Quadrate stellt meine Zeichnung nicht weniger als 128 Sterne dar. Ich habe sehr viele Mühe auf die Vermessung dieses Sternhaufens verwendet, weil ich glaube, daß er ein abgeschlossenes, ziemlich regelmäßiges System bildet, dessen innere Verhältnisse durch Vergleichung künftiger Beobachtungen mit den gegenwärtigen ergründet werden können.
103. Der planetarische Nebel in der Leier besteht aus einem ovalen Ring, der einen minder hellen Raum einschließt. Der Ring genau betrachtet, ist aus kleinen hellern und dunklern Partheien zusammengesetzt. Fig. 59 gibt eine allgemeine Vorstellung davon. Sicherlich besteht dieser Nebel aus Sternen. Man kann annehmen, daß unser Sternsystem von großer Ferne betrachtet, ungefähr dasselbe Aussehen darbieten würde.

Digitized by Google

Nummer	Gerade Aufsteigung. 1830.		Poldistanz. 1830.		Bemerkungen.
104	19h	10',2	88°	45'	Planetarischer Nebel, Durchmesser 97".
105	19	34,3	104	33	Planetarischer Nebel, Durchmesser 10".
106	19	40,3	39	54	Ein Stern mitten in einem planetarischen Nebel.
107	19	52,1	67	43±	Nebelfleck von 7' — 8' Durchmesser.
108	20	9,5	59	59±	Nebel, dem planetarischen Nebel in der Leier ähnlich, aber schwächer.
109	20	14,8::	70	26	Planetarischer Nebel.
110	20	49,3	58	57	Schwacher Nebel über 1° Länge, unregelmäßig
111	20	54,8	102	3	Planetarischer Nebel im Wassermann.
112	21	21,7	78	34	Sternhaufen, sehr dicht, fast rund.
113	21	24,7	91	34	Sehr dichter Sternhaufen.
114	22	29,3	56	29	Nebel 90" lang, 30" breit.
115	23	17,7	48	24	Planetarischer Nebel, 12" Durchmesser.
116	23	18,7	78	29	Runder Nebel, Durchmesser 20".
117	23	48,5	34	14	Dichter Sternhaufen, Sterne 11. — 18. Gr.

104. In Fig. 60 ist dieser merkwürdige Nebel nach meinen Beobachtungen vorgestellt. Ich zweifle nicht, daß er aus einer Masse kleiner Sterne besteht. Sehr auffallend ist die regelmäßige Form. Ein Stern befindet sich am Rande, den man nur mit Mühe sieht, in einiger Entfernung ist ein größerer Stern.

105. Herschel bemerkt, daß das Licht dieses Nebels sehr ungleichmäßig sei; ich habe ebenfalls eine Menge Abtheilungen darin erkannt, hellere und dunkere Stellen. Durch Messung konnte ich aber die Lage der einzelnen Abtheilungen nicht bestimmen, weil ihrer zu viele sind. Herschel hat die Stelle dieses Nebels in Bezug auf zwei nahe gelegene Sterne bestimmt: meine spätern Messungen zeigen, daß der Nebel seinen Ort nicht verändert hat. Ich habe den Nebel durch Fig. 61 darzustellen gesucht.

106. Herschels Zeichnung ist in Fig. 63 abgebildet.

107. Messier, Sir W. Herschel und Sir J. Herschel haben diesen sonderbaren Nebel untersucht, dessen Figur im Ganzen eine Ellipse ist, aber mit besondern Abtheilungen. Der letzt erwähnte Astronom drückt die Ansicht aus, daß dieser Nebel eine wirkliche Nebelmasse sein könne, die um ihre Axe rotire, und so die ellipsoidische Gestalt erhalte. Lord Rosse hat in neuester Zeit mit seinem Riesenteleskop allen Zweifel gehoben, indem er den Nebel als vollständig auflösbar, und aus einzelnen Sternen bestehend, erkannte.

109. Sir W. Herschel beschreibt diesen Nebel (Fig. 64) als vollkommen rund, ziemlich gut begränzt, und in Sterne auflösbar. Sir J. Herschel sagt von demselben: „er ist vollkommen rund, etwas dunstig am Rande, nicht merklich heller in der Mitte, aber nicht hohl aussehend." Wie ihn der hiesige Refractor zeigt, entspricht er weder der einen, noch der andern Beschreibung. So oft ich diesen Nebel betrachte, glaube ich eine verdünnte, halb durchsichtige Masse zu sehen, welche den genau im Mittelpunkte befindlichen Kern als Dunst umgibt. Der Rand ist scharf begränzt, die Helligkeit nimmt gegen die Mitte etwas zu. Von Auflösbarkeit konnte ich keine Spur wahrnehmen. Den Kern oder Stern in der Mitte, der zwar nicht groß, aber sehr wohl im Refractor sichtbar ist, ließen die Herschelschen Telescope nicht erkennen. Der Nebel scheint den freilich wenig zuverläßigen Messungen zufolge seine Lage gegen die benachbarten Sterne ziemlich schnell zu ändern.

111. Diesen Nebel hat Herschel einmal als rund, und einmal als oval beschrieben. Den Grund hievon habe ich darin erkannt, daß ein sehr feiner Nebelstrich unten sich befindet, der bei ungünstiger Luft nicht wahrgenommen wird. Struve (der den begleitenden Nebel nicht bemerkt hat) gibt die Durchmesser des Hauptnebels zu 25" und 17" an, meine Messungen geben 24",5 und 18,3: Fig. 65 stellt den Nebel dar. Gleich den meisten planetarischen Nebeln besteht dieser aus einem Ringe, der einen minder hellen Raum einschließt: außerdem zieht ein hellerer Streifen durch die Mitte.

115. Herschel hat schon bei diesem Nebel einen Ring vermuthet wie bei Nro. 111. Den Ring habe ich sehr deutlich erkannt, und zugleich bemerkt, daß es unten, etwas links, eine Stelle gibt, wo er minder hell ist. Meine Messungen der Entfernung des Nebels von benachbarten Sternen, verglichen mit den ältern Bestimmungen Herschels, würden zu der Vermuthung führen, daß der Nebel seine Lage, in Bezug auf die Sterne, merklich ändere. Ich habe diesen Nebel durch Fig. 66 dargestellt.

Digitized by Google

Eine allgemeine Charakteristik zu geben von den verschiedenen Gestalten der Sternhaufen und Nebelflecken, ist ganz unmöglich. Was die Nebelflecken insbesondere betrifft, so nehmen sie oft eine sehr große Ausdehnung am Himmel ein, und sind zum Theile ziemlich hell. So kann man sogar schon mit freiem Auge den Nebel in der Andromeda*) bemerken, während die meisten so schwach sind, daß sie nur mit großen Teleskopen wahrgenommen werden können. Die merkwürdigsten ohne Zweifel sind die runden, wovon manche sogar scharf begränzt erscheinen, und das Ansehen von Planetenscheiben darbieten, weshalb sie von Herschel planetarische Nebel genannt wurden. Einige Nebel sind dadurch merkwürdig, daß sie in der Mitte einen Stern haben, bei andern bemerkt man einen Ring, der oft ganz ausgebildet, oft mit Unterbrechungen sie umgibt. Am besten kann man sich nach den Figuren (Tafel IV) davon einen Begriff machen.

In dieser Tafel findet man neben einander die verschiedenen Formen, wie sie zur Erläuterung der zweiten Herschel'schen Hypothese (wonach man die Nebelflecken eigentlich als Sternmaterie, in allmäliger Condensation begriffen, ansehen muß), dienlich sind. Hiernach wären die unförmlichen Nebel z. B. Fig. 58 in der ersten Bildungsperiode begriffen, einer spätern Stufe gehören die regelmäßigen Gestalten (Fig. 61. 66) an; alsdann folgen jene, wo eine Verdichtung in einem oder mehreren Punkten bemerkt wird (Fig. 54. 57), endlich diejenigen, wo ein vollkommen ausgebildeter Stern in der Mitte sich befindet (Fig. 63. 64), und nur einige Nebelmaterie, die er nach und nach an sich zieht, ihn kreisförmig umgibt. Es muß jedoch bemerkt werden, daß die allmälige Verdichtung der Nebelmaterie vorläufig blos eine Hypothese ist, und die Beobachtung bisher keine Aenderung nachgewiesen hat. Solche Nachweisung wäre, wie oben schon erwähnt wurde, mit ganz besonderer Schwierigkeit verbunden, theils weil Lichtabstufungen schwer zu bezeichnen sind, theils weil die Nebel in sehr verschiedener Gestalt und Ausdehnung erscheinen, je nachdem der Zustand der Luft mehr oder weniger rein ist.**)

IX. Das Licht der Sterne.

113. Die Fortpflanzung des Lichtes braucht Zeit. Unter die vielen Räthsel, welche die Natur dem Menschen zu lösen gegeben hat, und worüber die Bemühungen so vieler Jahrhunderte keine genügende Erklärung

*) Die Kapwolken oder Magellanischen Wolken, die sich in der Nähe des Südpols befinden, und die man auf der südlichen Halbkugel mit freiem Auge so deutlich wahrnimmt, als wir in unsern Gegenden die Milchstraße sehen, hat man sonst auch zu den Sternhaufen gezählt: indessen hat Sir J. Herschel, der sie, während seines Aufenthaltes am Kap sehr genau untersucht hat, erkannt, daß sie nicht eine einzige Masse bilden, sondern aus einer großen Anzahl einzelner Sternhaufen und Sterne bestehen, welche dicht zusammengedrängt sind.

**) So lange die Selenographen sich begnügten, flüchtige Skizzen von einzelnen Gegenden der Mondoberfläche zu geben, so glaubte man mancherlei Aenderungen wahrzunehmen, indem jeder Unterschied zwischen der Wirklichkeit und der Zeichnung einer vorgekommenen Aenderung an der Mondoberfläche zugeschrieben wurde. In neuerer Zeit, seitdem sorgfältige Zeichnungen

Digitized by Google

bisher zu erlangen vermochten, gehört auch das Sehen. Ein Körper, der ferne ist, macht einen Eindruck auf unser Auge: offenbar muß zwischen dem Körper und dem Auge ein vermittelndes „Etwas" sein. Wir nennen es Licht, und stellen uns vor, daß es vom Gegenstande ausgehe, und zum Auge gelange. Es ist nun, aller in der Natur vorkommenden Analogie zufolge, nöthig, daß dasjenige, was von einem Orte ausgeht, und zu einem andern hinkommt, hiezu Zeit brauche. Dennoch hat man mehrere Jahrtausende den Himmel beobachtet, ohne daß es Jemanden eingefallen wäre, daran zu denken, daß das Licht, um von den Sternen zu uns zu kommen, Zeit nöthig haben müsse. Erst der dänische Astronom Olaus Römer hat diese Thatsache festgestellt, und den Weg (sehr nahe 40551 Meilen) bestimmt, den das Licht in jeder Sekunde zurücklegt. Er benützte hiezu die Finsternisse der Jupiterstrabanten, welche früher eintreffen, wenn Jupiter nahe, und später, wenn er weiter entfernt ist: es gibt aber auch noch mancherlei andere Erscheinungen, worauf eine Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit gegründet werden kann, und woraus denn auch in späterer Zeit ein übereinstimmendes Resultat abgeleitet wurde. Was die Art und Weise betrifft, in welcher die Fortpflanzung geschieht, und die Wirkung auf unser Auge erfolgt, so sind darüber nicht alle Stimmen einig, obwohl die meisten eine Fortpflanzung des Lichtes durch Aetherwellen, wie des Schalles durch Luftwellen annehmen, und das Sehen und Hören für ganz analoge Operationen halten. Wir wollen uns übrigens auf das Specielle hier nicht einlassen, sondern überhaupt das Licht als einen Ausfluß vom leuchtenden Körper ansehen, der in geraden Linien nach allen Richtungen sich fortpflanzt: auf solcher allgemeinen Auffassung können wir die astronomischen Folgerungen leicht begründen.

Die erste Folgerung ist, daß wir die Himmelskörper niemals da sehen, wo sie wirklich im Augenblicke sind. Betrachten wir den Jupiter um Mitternacht, wenn er der Sonne gegenüber steht. Ein Lichtausfluß, gleichsam das Bild des Jupiter vorstellend, geht direkt gegen die Erde hin: da aber Jupiter unter solchen Verhältnissen 84 Mill. Meilen von uns entfernt ist, so kommt das Licht erst 34½ Minuten später zu uns: unterdessen hat Jupiter selbst sich in seiner Bahn vorwärts bewegt, und über 3600 Meilen zurückgelegt. In gleicher Weise erblicken wir den Saturn, wo er vor 1 Stunde und 10 Minuten, den Uranus, wo er vor 2½ Stunden, den Neptun, wo er vor 4 Stunden gewesen ist.

Gehen wir auf die Fixsterne über, so sehen wir die Sterne erster Größe (Distanz eine Sternweite), wo sie vor 15½ Jahren sich befanden. Von den äußersten mit freiem Auge wahrnehmbaren Sternen gelangt das Licht in 120 Jahren zu uns, und von den entferntesten Sternen, die Herschel mit seinen großen Teleskopen hat sehen können, wird der Weg in etwas mehr als 3000 Jahren zurückgelegt.

Vorzüglich bemerkenswerth ist der Einfluß, den die Bewegung des Lichtes auf die Ortsveränderungen der Sterne überhaupt und der Doppelsterne insbesondere haben muß. Zu dem nämlichen Wege braucht ein Stern länger, wenn er sich von uns entfernt, als wenn er sich nähert; deßhalb werden bei Doppelsternen gleiche Theile der Bahn in ungleichen Zeiten zurückgelegt, ein Umstand, der uns über die Größe der Bahnen selbst Belehrung mit der Zeit verschaffen kann.

---

angefertigt und die Formen unter verschiedener Beleuchtung bestimmt werden, ist nicht eine einzige Aenderung wahrgenommen worden. Man vergleiche hiemit das, was im obigen Verzeichnisse (§. 112) von dem Andromedanebel und Orionnebel gesagt worden ist

Digitized by Google

An die obige Darstellung knüpft sich unmittelbar eine zweite Betrachtung an, daß wir nämlich am Himmel stets die Vergangenheit, niemals die Gegenwart wahrnehmen. Die Ereigniſſe des Himmels, die Aenderungen, die vorgehen, erfahren wir lange nachdem ſie vorüber ſind; und wenn an den Himmelskörpern die Zeit eine Umgeſtaltung, wie auf der Erde, — Bildung und Untergang —, herbeiführt, ſo mögen gar wohl manche Körper entſtanden ſein, von denen die Kunde noch nicht bis zu uns gelangt iſt, und mancher Stern mag am Himmel in unveränderter Geſtalt uns glänzen, der ſchon ſeit Jahrtauſenden nicht mehr exiſtirt.

114. Aberration des Lichts. Nach dem Vorhergehenden ſollte man annehmen, daß ein Himmelskörper, der ſich nicht bewegt, z. B. die Sonne, die in Beziehung auf das Planetenſyſtem feſtſteht, von uns an dem wahren Orte geſehen wurde, nur in einem frühern Zuſtande. Es iſt aber in der That dieß nicht der Fall, und der Grund davon liegt in der Bewegung der Erde.

Wie der Erfolg zu Stande kommt, iſt eine Frage, worüber ſich die Aſtronomen noch nicht gänzlich vereinigt haben, deßhalb, weil die Lichttheorie ſelbſt manche Schwierigkeit darbietet. Indeſſen wird man in folgender Weiſe ſich die Sache vorſtellen können.

Iſt das Fernrohr F (Fig. 40) unbeweglich und ſo gerichtet, daß ein Stern S ſeine Strahlen genau durch die Mitte des Objectiv's in der Richtung b a ſendet, ſo entſteht das Bild des Sterns im Brennpunkt bei a: geſetzt aber, das Fernrohr werde mit ſchneller Bewegung vor dem Sterne vorbeigeführt gegen F′ hin, ſo wird die Sache ſich ganz anders verhalten. Der Strahl, der bei b durch die Mitte des Objectiv's hereinkommt, braucht eine gewiſſe Zeit, um den den Brennpunkt zu erreichen, und kommt nicht wie zuvor nach a, ſondern weiter rückwärts nach c, vorausgeſetzt, daß das Fernrohr um die Größe a c in derſelben Zeit ſich bewegt habe, in welcher das Licht vom Objectiv bis zum Brennpunkt gelangt. Da wir nun die Gegenſtände in der Richtung ſehen, in welcher das Licht ins Auge kommt, ſo werden wir den Eindruck erhalten, als ob der Stern in S′ ſich befände, d. h. jedes Geſtirn erſcheint uns um eine gewiſſe Größe vorgerückt in derjenigen Richtung, in welcher unſere Bewegung geht.

Dieſes Phänomen, von Bradley zuerſt entdeckt, nennt man die Aberration. Stellen wir uns vor, wir betrachten die Sonne zu Mittag, ſo muß ſie uns weſtlicher erſcheinen, als ſie in der Wirklichkeit iſt, weil der Mittelpunkt der Erde und alſo auch wir zugleich nach Weſten uns fortbewegen mit einer Geſchwindigkeit von $4^1/_5$ Meilen in der Sekunde. Die Verrückung des Sonnenbildes beträgt in dieſem Falle $20^1/_2$ Secunden im Raume. Die Bewegung des Erdmittelpunkts iſt aber nicht die einzige, die hier in Rechnung zu bringen iſt; wir werden außerdem durch den täglichen Umſchwung der Erde mit einer Geſchwindigkeit, die $^1/_{16}$ Meile am Aequator beträgt und abnimmt gegen die Pole, wo ſie gänzlich verſchwindet, herumgetragen, und zwar in entgegengeſetztem Sinne von Weſt nach Oſt. Dieſe kleinere Geſchwindigkeit hat natürlich auf das Sehen einen verhältnißmäßig kleinern Einfluß: es wird dadurch das Sonnenbild im Falle, wo die Wirkung am größten iſt, um $^1/_3$ Sekunde, und zwar nach Oſten verrückt. Die erſtere Wirkung nennt man die jährliche, die zweite die tägliche Aberration. Es iſt übrigens begreiflich, daß die Ortsveränderung, die wir eben erklärt haben, weil ſie von der Bewegung der Erde herrührt, nicht für alle Himmelskörper gleich groß ſein wird, ſondern von der Stellung gegen die Erde abhängen muß. So kommt es denn, daß jeder Stern für jeden Tag des Jahres eine beſtimmte Aberration hat.

Von einem britiſchen Philoſophen des vorigen Jahrhunderts iſt in vollem

Digitized by Google

Ernste versucht worden, die Welt zu überzeugen, daß Alles, was wir um uns herum durch die Sinne wahrnehmen, nur auf Täuschung beruhe. Die neue Lehre stand jedoch mit der im menschlichen Geiste fest gegründeten Ueberzeugung in zu grellem Widerspruche, um Eingang und günstige Aufnahme zu finden, — und die Ansicht, daß die Dinge, die uns umgeben, auch wirklich da sind, ist jetzt noch die ausschließlich herrschende. Was aber bezüglich auf die nächste Umgebung nur einseitige Speculation war, wird, sobald es um die Anschauung der Himmelskörper sich handelt, zur vollen Wahrheit. Alles, was wir am Himmel erblicken, ist, streng genommen, Schein und Täuschung. Oben ist schon der Umstand erwähnt worden, daß wir, anstatt die Ereignisse der Gegenwart zu beschauen, nur die Geschichte früherer Zeit, und zwar aus den verschiedensten Perioden durchnehmen: aber auch der Ort ist der eben gegebenen Erklärung zufolge nicht der wahre; wir erblicken die Gestirne, wo sie nicht sind, und meistentheils, wo sie niemals hinkommen sollen.

115. Zusammenhang von Bewegung und Farbe. Es hat keine Zeit gegeben, wo man so emsig, wie in unserem Jahrhundert darauf bedacht gewesen wäre, neue Methoden zu finden, die fernsten Beziehungen zu benützen, um da, wo dem Anscheine nach aller Zutritt verschlossen ist, die Natur zu ergründen. Freilich sind es oft nur Andeutungen, deren Benützung erst für die Zukunft möglich werden wird: daß aber auch solche Andeutungen von großer Wichtigkeit für die Entwickelung der Wissenschaft werden können, davon weist die Geschichte zahlreiche Beispiele nach. Mit Bezug auf dieses Sachverhältniß führe ich folgende, noch nicht in die Praxis übergegangene Methode zur Untersuchung der im entfernten Weltraume vorgehenden Bewegungen an.

Es ist bekannt, daß das weiße Licht (der Undulationstheorie zufolge) aus Wellen von verschiedener Länge zusammengesetzt ist, die, wenn man sie mit einem Prisma trennt, die Empfindung der verschiedenen Farben im Auge hervorrufen. Die Farbe ist also gleichbedeutend mit einem schnellern und langsamern Aufeinanderfolgen der Wellenschläge. Schon von Newton's Zeiten her zählt man im weißen Lichte 7 Farben, die, nach der Wellenlänge geordnet, sich aneinander reihen: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett. Die Schnelligkeit, womit die Wellen aufeinander folgen, ist bei Violett doppelt so groß, als bei Roth und nimmt von Roth bis Violett ungefähr gleichmäßig ab: folgen die Wellen langsamer aufeinander als bei Roth, oder schneller als bei Violett, so nimmt sie das Auge nicht mehr wahr. Dieß gilt für den Fall, daß das Licht von einem ruhenden Körper ausgeht. Es ist aber leicht begreiflich, daß, wenn ein Körper gegen uns hergeht, jede nachfolgende Welle, um zu uns zu gelangen, eine kleinere Distanz zurückzulegen hat, als die vorhergehende, also die Wellen schneller auf einander folgen. Entfernt sich der Körper, so folgen die Wellen langsamer aufeinander. Hieraus geht nun, wenn man das Obige berücksichtigt, der Satz hervor, daß die Bewegung eines Körpers, wenn sie groß genug ist, um mit der Bewegung des Lichtes in Vergleich gebracht zu werden, seine Farbe ändern muß. Gesetzt, ein Stern wäre ganz roth, und käme gegen uns her mit einer Geschwindigkeit von 6000 Meilen in der Sekunde ($^1/_7$ von der Geschwindigkeit des Lichtes), so würden die Wellen um $^1/_7$ schneller aufeinander folgen, und wir sähen den Stern orange: ein grüner Stern würde unter denselben Verhältnissen blau erscheinen. Entfernte sich aber ein grüner Stern mit der obigen Geschwindigkeit, so würde er von uns in gelbem Lichte gesehen werden. Zwar gibt es keine vollkommen einfarbigen Sterne, aber viele, wo die eine oder andere Farbe stark vorherrscht, und bei diesen wird die Beachtung der Farbe uns über Richtung und Geschwindigkeit belehren können.

Digitized by Google

Dabei ist natürlich vorausgesetzt, daß die Geschwindigkeit sehr groß, oder die Wahrnehmung der Farbenänderung sehr fein sei. Die Hülfsmittel, die nöthig wären, um letzterer Bedingung zu genügen, fehlen uns jetzt noch; und was die Geschwindigkeiten betrifft, so kommen jene, die wir mit ziemlicher Sicherheit angeben können, nicht einmal denen, die wir im Planetensystem antreffen, gleich. Uebrigens kann ich hier erwähnen, daß ich mit einem Prisma, welches ich an dem großen Refractor der hiesigen Sternwarte (zwischen Ocular und Objectiv) angebracht habe, ein prismatisches Spectrum der Sterne bis zur 4ten Größe herab erhielt, und zwar hinreichend intensiv, um Messungen anstellen zu können. Die fernere Anwendung dieser Einrichtung scheint nicht ungeeignet, entscheidende Resultate zu gewähren; denn offenbar wird, in so ferne nicht etwa außer den sonst wahrnehmbaren Gränzen des Spectrums unsichtbare Strahlen sich vorfinden, wenn der Stern sich nähert, das violette, wenn er sich entfernt, das rothe Ende des Spectrums unvollständig sein; jedenfalls ändern sich die Verhältnisse der Farben. Auch müssen die fixen Linien, die man auf obige Weise sichtbar machen kann, in den eben bemerkten zwei Fällen eine verschiedene Lage erhalten, falls sie in der Natur der Wellen selbst ihren Grund haben.

X. Das Weltsystem von der Erde aus beobachtet.

116. Das Himmelsgewölbe, Sternbilder, Sternnamen. Hat man eine richtige Vorstellung von der Einrichtung des Weltsystems, wie sie in der Wirklichkeit ist, erlangt, so gehört nur ein gewöhnlicher Grad von Einbildungskraft dazu, um sich von der Lage und Bewegung der einzelnen Körper, wie sie von der Erde aus gesehen werden, ein Bild zu entwerfen. Wenden wir uns zuerst zu den Fixsternen. Wenn wir in einer hellen Nacht den gestirnten Himmel betrachten, so drängt sich von selbst Jedem die Vorstellung auf, daß die Sterne an der innern Seite einer hohlen Kugelfläche vertheilt seien; eine natürliche Folge des Umstandes, daß die Beurtheilung der Entfernung nicht möglich ist, und wir alle Sterne in gleicher Entfernung uns denken. Wäre die Erdbahn weit größer, als sie ist, — etwa 60 mal größer, als die Bahn des Neptun, — dann müßten die Sterne merklich ihre Lage gegen einander verändern, je nachdem die Erde an der einen oder andern Stelle sich befände; zwei Sterne in gleicher Distanz würden von einander sich zu entfernen scheinen, wenn wir ihnen näher kämen, und würden wieder sich nähern, wenn wir uns davon entfernten; auch würden die Erdpole kleine Kreise am Himmel scheinbar beschreiben. So wie aber die Verhältnisse wirklich sind, fallen die Aenderungen, welche die Bewegung der Erde herbeiführt, so klein aus, daß wir sie im Allgemeinen auch mit den feinsten Messungsmitteln nicht wahrnehmen können; demnach bleiben die Sterne für uns stets in ihrer gegenseitigen Lage unverändert, und die Vorstellung, daß die Fixsterne an dem Himmelsgewölbe festgemacht sind, kann auch astronomischen Rechnungen zu Grunde gelegt werden.

Schon in den frühesten Zeiten hat man die Kugelfläche, auf welcher die Sterne uns erscheinen, in Bezirke — Sternbilder — eingetheilt, so daß jeder Bezirk eine Anzahl Sterne umfaßte. Daß man den Bezirken Namen von

Digitized by Google

Menschen, Thieren und dergleichen gegeben hat, ist eine rein willkürliche Sache, wobei (wenige Fälle z. B. der große und kleine Bär, der Kopf des Stiers u. s. w. ausgenommen) an irgend eine Aehnlichkeit oder Beziehung gar nicht zu denken ist.

Hauptsternbilder zählt man im Ganzen 48, nämlich:

12 Zeichen des Thierkreises:

1) Widder.
2) Stier.
3) Zwillinge.
4) Krebs.
5) Löwe.
6) Jungfrau.
7) Waage.
8) Scorpion.
9) Schütze.
10) Steinbock.
11) Wassermann.
12) Fische.

21 nördliche Sternbilder:

1) Cassiopea.
2) Andromeda.
3) Das nördliche Dreieck.
4) Perseus und der Meduſenkopf.
5) Der Fuhrmann mit der Ziege.
6) Der große Bär.
7) Der kleine Bär.
8) Der nördliche Drache.
9) Bootes oder Bärenhüter.
10) Die nördliche Krone.
11) Hercules.
12) Ophiuchus oder der Schlangenträger.
13) Die Schlange des Ophiuchus.
14) Die Leier mit dem Geier.
15) Der Adler.
16) Der Schwan.
17) Der Pfeil.
18) Der Delphin.
19) Das kleine Pferd.
20) Pegasus.
21) Cepheus.

15 südliche Sternbilder:

1) Der Wallfisch.
2) Der große Hund.
3) Der kleine Hund.
4) Die große Waſſerſchlange.
5) Der Becher.
6) Der Rabe.
7) Der Wolf.
8) Der Centaur.
9) Das Schiff Argo.
10) Die ſüdliche Krone.
11) Der ſüdliche Fiſch.
12) Der Haſe.
13) Der Altar.
14) Der Fluß Eridanus.
15) Orion.

Außer den Sternbildern gibt es an 400 Namen einzelner Sterne, die meiſtens, von den Arabern herrührend, zu uns herübergekommen ſind. In einer frühern Entwickelungsperiode der Aſtronomie, wo man von den Geſetzen und dem Zuſammenhange des Weltgebäudes wenig wußte, und ſich damit hauptſächlich beſchäftigt hat, die Sterne blos zu klaſſificiren nach Größe, Farbe und Ort, etwa wie der Botaniker die Pflanzen, da war die Kenntniß der Sternnamen ein Gegenſtand von hoher Wichtigkeit, und nahm nicht wenig Zeit und Mühe in Anſpruch. In dem Maße aber, als wichtigere Arbeiten unternommen wurden, kamen die Sternnamen immer mehr in Vergeſſenheit, und der letzte Aſtronom, der ſich ihrer mehr, wie es ſcheint aus Sonderbarkeit, bediente, war Piazzi (1811).

Einzelne Namen großer Sterne (jedoch faſt alle lateiniſchen oder griechiſchen Urſprungs) ſind noch hie und da im Gebrauche geblieben, als:

Sirius (im großen Hund).
Procyon (im kleinen Hund).
Regulus (im Löwen).

Digitized by Google

Arcturus (im Bootes).
Capella (im Fuhrmann).
Wega (im Adler).
Rigel (im Orion).
Fomalhaut (im südlichen Fisch).
Antares (im Scorpion).
Aldebaran (im Stier).
Spica, die Kornähre (in der Jungfrau).
Castor, Pollux (in den Zwillingen).

117. Scheinbare Bewegung des Himmelsgewölbes. Wenn wir in einer hellen Nacht den gestirnten Himmel betrachten, so bleiben die Sterne, dem oben Gesagten zufolge, unter sich vollkommen unbeweglich; indem aber die Erde nach Osten sich dreht, eilen wir vor den Sternen vorbei. Immer jedoch gewohnt, unsern eigenen Standpunkt für unbeweglich zu halten, legen wir dem Himmelsgewölbe unsere Bewegung bei, und es scheint uns, daß dieses mit allen seinen Sternen nach Westen vorüberziehe. So dauert es, bis die ersten Sonnenstrahlen über den Horizont kommen, da werden die Sterne für das freie Auge unsichtbar, und können nur mehr mit Fernröhren (und zwar auch blos die hellern) beobachtet werden. Daß die Fixsterne um das ganze Firmament sich ziehen, und bei Tage blos wegen des stärkern Sonnenlichts nicht gesehen werden, haben schon die Alten erkannt. Sie fanden auch, daß die Sonne von Tag zu Tag unter den Sternen fortzurücken scheint, und bezeichneten genau die Sterne, bei welchen sie vorbei geht, und die zusammen die Sternbilder des Thierkreises ausmachen. Hiezu gelangten sie einfach dadurch, daß sie gleich nach Sonnenuntergang, und gleich vor Sonnenaufgang die Sterne bemerkten, die dem Orte der Sonne am nächsten erschienen; sie sahen, wie am westlichen Horizont die Sonne einen Stern des Thierkreises nach dem andern einholte, und die Sterne, die im Westen in den Sonnenstrahlen verschwanden, nach einigen Tagen wieder am östlichen Horizont vor der Sonne heraufstiegen. Den Beobachtern kam freilich der südliche Himmel zu statten, wo nicht eine lange Dämmerung, wie bei uns, der Sonne am Abend folgt, und Morgens vorangeht.

Wie eben vorhin bemerkt wurde, tragen wir die Bewegung der Erde auf die Himmelskugel über, die sich um ihre zwei Pole, d. h. um die den Erdpolen entsprechenden Punkte, herumdreht. Die Pole selbst haben keine scheinbare Bewegung: die ihnen zunächst gelegenen Sterne beschreiben nur kleine, die entferntern immer größere Kreise bis zum Aequator, der imaginären Linie, welche die nördliche Hälfte des Himmels von der südlichen trennt.

An jedem Punkte der Erde schneidet die Gesichtslinie die Hälfte des Himmelsgewölbes ab. Die Hälfte, welche ein Beobachter am Aequator sieht, reicht von einem Pole zum andern, und beide Pole erscheinen gerade am Horizont. Der eine oder andere Pol erhebt sich über den Horizont in dem Maße, als man vom Aequator nach Norden oder Süden sich entfernt; und während am Aequator alle Sterne nach und nach, so wie die Sonne im Thierkreise weiter vorrückt, verschwinden, bleibt den Bewohnern der nördlichen und südlichen Hemisphäre ihr Pol und ein größerer oder geringerer Theil der herumliegenden Sterne das ganze Jahr sichtbar. Es ist dieß für mancherlei Zwecke der Astronomie ein wichtiger Vortheil, besonders wenn am Pole selbst ein großer Stern sich befindet, ein Glück, das nur die nördliche Halbkugel jetzt genießt; denn ganz in der Nähe des Südpols ist gegenwärtig kein hellerer Stern vorhanden.

118. Scheinbare Bewegung der Planeten. Als wir vom Weltsysteme eine theoretische Uebersicht zu geben versuchten, bildete die Erklärung

Digitized by Google

des Planetensystems gerade den Hauptheil; hier, wo es um die Erscheinung sich handelt, spielen die Planeten nur eine untergeordnete Rolle. Scheinbar kommen sie uns vor, als befänden sie sich an demselben Himmelsgewölbe, wo die Sterne sind, von diesen nach dem freien Auge zu urtheilen, nicht auffallend verschieden. Wer nicht einige besondere Kennzeichen berücksichtiget, wird einen Planeten mit freiem Auge nicht einmal von den Fixsternen zu unterscheiden vermögen. Die meisten sind übrigens dem freien Auge gar nicht bemerkbar.

Mercur beschreibt einen kleinen Kreis um die Sonne, und kann am westlichen Horizont, gleich nach Sonnenuntergang, oder am östlichen, unmittelbar vor Sonnenaufgang wahrgenommen werden, wenn er gerade in dem östlichen oder westlichen Theile seiner Bahn sich befindet. Dabei wird natürlich eine reine Atmosphäre vorausgesetzt: in unsern Gegenden wird man ihn vergebens mit freiem Auge suchen.

Venus bewegt sich unter ähnlichen Verhältnissen, wie Mercur, entfernt sich aber viel weiter östlich und westlich von der Sonne, so daß sie abwechselnd westlich nach Sonnenuntergang als Abendstern und östlich vor Sonnenaufgang als Morgenstern erscheint. Sie zeichnet sich durch großen Glanz aus, der theils von ihrer Entfernung, theils von ihrer Beleuchtung abhängt; denn nur die der Sonne zugewendete Seite ist beleuchtet, und hat in Westen die Form des ersten, in Osten des letzten Mondviertels. Es ist leicht, die Venus an ihrem Glanze, und, wenn man sie mehrere Nächte nach einander beobachtet, an ihrer größern Bewegung unter den umgebenden Sternen zu erkennen.

Mars erscheint als Stern erster Größe mit sehr merklicher rother Färbung, und bleibt beinahe das ganze Jahr sichtbar. Zuerst sieht man ihn, wenn er vor der Sonne im Osten aufgeht, er ist alsdann der Erde voraus; da aber die Erde nahe um das Doppelte schneller geht, so holt sie ihn ein, und Sonne, Erde und Mars kommen in eine Linie zu stehen. Diese Stellung des Mars nennt man seine Opposition. Nach der Opposition bleibt Mars gegen die Erde zurück, bis er wieder in den Sonnenstrahlen verschwindet. Zieht man eine Linie von der Erde zum Mars, und von da bis zum Himmelsgewölbe hinaus, so bezeichnet diese Linie den Ort, welchen Mars unter den Fixsternen einnimmt. Es ist begreiflich, daß jene Linie, in Folge der Bewegung der Erde und des Mars sich fortwährend ändert, und zwar sehr verschieden, je nachdem gerade die Stellungen beider Planeten sind. Dieß bewirkt, daß der Mars unter den Fixsternen keinen regelmäßigen Weg befolgt, und den einmal gemachten Weg nicht wiederholt.

Jupiter ist heller, Saturn etwas minder hell, als Mars. Ihr Erscheinen ist übrigens ähnlichen Bedingungen unterworfen.

Uranus wird als Stern sechster Größe, mit Mühe, wahrgenommen, und kann nicht ohne Hülfe einer Sternkarte erkannt werden.

Digitized by Google

XI. Beziehungen der Himmelskörper zu den Lebensverhältnissen der Erdbewohner.

1. Bedeutung der Fixsterne, Kometen und Planeten.

119. Bedeutung der Fixsterne. Wie man am Himmel die Oerter der Planeten von einem Punkte der Erdoberfläche aus bestimmt, wie man daraus die wahre Richtung bezüglich auf den Mittelpunkt der Erde berechnet, vom Mittelpunkte der Erde die Bestimmungen auf das Centrum aller Bewegungen — die Sonne — überträgt, darauf endlich die Gravitationstheorie anwendet, müssen wir den Astronomen, deren Arbeit solche Messungen und Rechnungen bilden, überlassen. Dagegen wollen wir einige nähere oder entferntere Beziehungen hervorheben, welche zwischen den Gestirnen und den Verhältnissen des Lebens stattfinden. — Die Fixsterne haben wir hier für's Erste ganz zu umgehen. Zwar hat Poisson die Idee aufgestellt, daß die Fixsterne den Weltraum erwärmen, daß einige Theile mehr, einige weniger Wärme auf solche Weise erhalten und daß in diesem Umstande die zunehmende Temperatur, die wir unter der Erdoberfläche finden, ihren Grund habe: es sei nämlich die Erde, vermöge des allmäligen Fortrückens unsers Planetensystems (§. 51) aus einem wärmern Raume, wo sie in vorgeschichtlichen Zeiten gewesen, herausgekommen, und habe im Innern noch die frühere Wärme bewahrt, während die Oberfläche nach und nach erkaltet sei. Ohne uns auf eine weitere Erörterung einzulassen, in wie ferne die Hypothese zulässig sei, wollen wir als wesentlich hier blos den Umstand hervorheben, daß, wenn auf solche Weise eine allmälige Aenderung der Erdtemperatur stattfindet, sie jedenfalls sehr langsam erfolgt, da Laplace aus der Länge des Sterntages nachgewiesen hat, daß in den letzten zwei Jahrtausenden die Temperatur der Erde (obwohl wir in dieser Zeit etwa 64000 Mill. Meilen gegen das Sternbild des Herkules vorgerückt sein mögen) nicht merklich anders geworden ist. Geht, wie man erwarten darf, die fernere Aenderung eben so langsam vor sich, so läßt sich schwer mit Zahlen der Zeitraum ausdrücken, der zurückzulegen ist, bis eine Wärme oder Kälte kommt, die unsern Organismus beeinträchtigen könnte. — Den Fixsternen haben wir also keinen Einfluß auf die menschlichen Verhältnisse zuzuschreiben, der in den gewöhnlichen Berechnungen aufgenommen werden müßte.

120. Bedeutung der Planeten und Kometen für die Erdbewohner. Was die Planeten und Kometen betrifft, so haben sie lange Zeit, menschlichen Verhältnissen gegenüber, eine höchst wichtige Stelle behauptet: Glück und Unglück, Krieg und Frieden, die Schicksale der Völker, und der Lebenslauf jedes einzelnen Individuums hingen von ihnen ab. Der Glaube aber verlor sich allmälig mit den Jahrhunderten; die Kometen erregten zuletzt keine Furcht mehr, und die Planeten kamen so weit herunter, daß sie bloß mehr in Volkskalendern über Aderlässe und andere minder ästhetische Operationen häuslicher Arzneikunde zu entscheiden hatten. Ein Paar späte Nachklänge ließen sich hören, lange nachdem Alles ruhig geworden war: ein Professor an einer deutschen Universität gab eine Astrologie im Jahre 1815 heraus, und Dr. Forster zählte im Jahre 1838 eine lange Reihe von Pestilenzen, Kriegen, Mißernten, Theurungen u. s. w. auf, die seit dem Jahre 2340 vor Christi Geburt bis auf

Digitized by Google

die neueste Zeit durch Kometen veranlaßt oder voraus verkündet worden sind. In wie ferne dabei eine eigentliche Ueberzeugung zu Grunde lag, oder blos die Absicht, ein von Cicero schon ausgesprochenes, philosophisches Privilegium auszuüben, wollen wir nicht zu entscheiden suchen.

2. Bedeutung von Sonne und Mond für die Erdbewohner.

121. Beleuchtung der Erde. Unbezweifelten Einfluß auf die Lebensverhältnisse der Erdbewohner dürfen wir nur der Sonne und dem Monde, obwohl in sehr verschiedenem Maße zuerkennen. Sie geben uns Licht und Wärme, bedingen die Abwechselung der Jahreszeiten, die Production der Erde, und somit die Subsistenz des Menschengeschlechts; von ihnen hängt die Eintheilung der Zeit, und manche Aenderungen ab, die im Verlaufe der Jahrhunderte erst einen merklichen Erfolg äußern können.

Licht verbreitet die Sonne in gleichem Maße über die ganze Erdoberfläche, aber mit sehr verschiedener Eintheilung. Wäre die Axe der Erde senkrecht auf der Ebene ihrer Bahn, wie es bei Jupiter der Fall ist, dann fiele der Wechsel der Jahreszeiten weg; es wäre stets eine Hälfte, vom Nordpol bis zum Südpol reichend, beleuchtet, und wir hätten das ganze Jahr hindurch gleiche Länge des Tages, und gleiche Länge der Nacht, dasselbe Verhältniß, was zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, am 21. März und 21. September, beobachtet wird. — So hat es aber die Natur nicht einzurichten beabsichtigt: sie hat der Erdaxe eine Neigung von $23^1/_2$ Grad gegeben, und da die Axe beständig dieselbe (oder richtiger gesagt, eine parallele) Richtung behält, so ist in der einen Bahnhälfte die nördliche, in der andern die südliche Halbkugel mehr der Sonne zugewendet. Die beiden Bahnhälften würden vollkommen gleich sein, wenn die Erde einen Kreis um die Sonne beschriebe; sie beschreibt aber eine in der That sehr wenig vom Kreise abweichende Ellipse, und vermöge der jetzigen Stellung kommt dieser Umstand den Bewohnern der nördlichen Hälfte zu Gute, indem sie $7^2/_3$ Tage länger Sommer als Winter haben. Aus diesem Grunde ist denn auch bei uns die Summe der Tage (obwohl ganz unbedutend) länger, als die Summe der Nächte. Die Vertheilung von Tag und Nacht ist übrigens für jeden Erdstrich eine andere. Am Aequator ist ewige Gleichmäßigkeit; je weiter man aber vom Aequator sich entfernt, desto größer werden die Unterschiede, bis zu den Polen, die nur eine Lichtabwechslung des Jahres haben; ein halbes Jahr Tag und ein halbes Jahr Nacht.

Bei der Vertheilung des Lichtes über die Erdoberfläche sind die gemäßigten und kalten Zonen in doppelter Weise im Nachtheile, einmal weil die große Ungleichheit der Tag- und Nachtlänge unbequem ist, dann aber, weil die Atmosphäre um so weniger Licht durchläßt, je schiefer die Strahlen gegen die Richtung des Erdmittelpunktes sich bewegen. So gibt die Rechnung, daß die Sonne in Deutschland im Mittel $^1/_9$, in Petersburg $^1/_4$ weniger Licht gibt, als am Aequator. Am Aequator selbst genießt man nur einen Theil des Sonnenlichtes: mehr als $^1/_4$ wird von der Luft zerstreut oder aufgesaugt.

Den Umstand müssen wir hier noch erwähnen, daß die Hälfte der Erdbahn, welche unserm Winterhalbjahr entspricht, der Sonne näher liegt, als die Sommerhälfte; der Unterschied der Entfernung am Anfang Januar und Juli beläuft sich auf nicht weniger als 670000 Meilen, ein Betrag, der an und für sich nicht unbedeutend, im Verhältnisse zur Entfernung der Sonne aber so

Digitized by Google

gering ist, daß die stärkere Erleuchtung unmerklich bleibt, und auf die verschiedenen Verhältnisse des Lebens nicht den mindesten Einfluß ausübt.

Der Mond trägt ebenfalls zur Beleuchtung der Erde bei, gibt uns jedoch unter den vortheilhaftesten Umständen nur ungefähr $^1/_{1600}$ von der Lichtmenge, welche uns die Sonne zusendet. Nur einmal während der monatlichen Periode seiner Lichtphasen findet er sich in eigentlich vortheilhafter Lage, nämlich als Vollmond. Dieß vermindert in großem Maße den Werth seiner ohnehin nur sparsamen Beleuchtung: somit wollen wir der Mühe uns überheben, den Einfluß von Stellung und Zeit weiter zu entwickeln. Laplace hat die theoretischen Bedingungen, mit Rücksicht auf ewige Stabilität, nachgewiesen, unter welchen der Mond, sobald die Sonne in Westen untergegangen wäre, stets in vollem Lichte am östlichen Himmel hätte erscheinen müssen, um, abwechselnd mit der Sonne, die Erde ununterbrochen zu beleuchten. Die große Abweichung der bestehenden Verhältnisse von dem Vorschlage jenes berühmten Ergründers der himmlischen Bewegungen beweist nur, daß der Mond nicht den Zweck — wenigstens nicht den Hauptzweck hat, Licht der Erde zuzusenden.

122. Erwärmung der Erde. Ein zweites Agens, dem Lichte analog, und dessen steter Begleiter aber noch einflußreicher auf die menschlichen Verhältnisse, ist die Wärme. Ihre Quelle ist (unter den Himmelskörpern) einzig in der Sonne zu suchen. Daß der Mond uns Wärme zusende (was an und für sich keineswegs als unwahrscheinlich zu betrachten wäre), hat die Erfahrung nirgends bisher nachweisen können, woraus wenigstens so viel zu schließen ist, daß die Mondwärme äußerst gering sein muß; ein Schluß, der zugleich durch die Theorie unterstützt wird; denn ist es (wie wir aus sonstigen Verhältnissen folgern dürfen) der Fall, daß der Mond das Licht und die Wärme, die er von der Sonne erhält, in gleichem Verhältnisse reflectirt, so wird die Mondwärme nur den 1600sten Theil der Sonnenwärme betragen, und muß uns immerhin unmerklich bleiben.*) Auch die Wärme wie das Licht hat die Atmosphäre zu durchdringen, um zur Erdoberfläche zu gelangen, und es ist anzunehmen, daß sie in gleichem Verhältnisse, wie das Licht, dabei vermindert wird. Was am meisten die Stärke der Erwärmung bedingt, ist der Umstand, ob die Sonnenstrahlen mehr oder weniger schief auf die Erdoberfläche treffen.

Man darf annehmen, daß vom Aequator bis zu den Polen die mittlere Jahreswärme etwas über 40.° R. abnimmt, und zwar:

vom Aequator bis 41° der Breite $^1/_4$ davon
" " " 60° " " $^1/_2$ "
" " " 76° " " $^3/_4$ "

In südlichen und nördlichen Breiten wächst die Ungleichheit von Tag und Nacht, und damit auch die tägliche sowohl, als die jährliche Aenderung der Wärme. Man erhält näherungsweise die Größe der täglichen Wärmeperiode, wenn man die Tageslänge nimmt, und für jede $2^1/_2$ Stunden einen Grad (Reaumur) rechnet. Was die jährliche Periode betrifft, so darf man annehmen, daß der Unterschied des wärmsten und kältesten Monats in den Polargegenden 10° (R.) beträgt, und von da allmälig abnimmt bis zum Aequator, wo das ganze Jahr hindurch ungefähr gleiche Temperatur herrscht.

Es ist bemerkenswerth, daß in der mittlern Erdzone die gesammte Natur

*) Sir J. Herschel ist der Ansicht, daß der Mond uns einige Wärme zusende, die jedoch die Atmosphäre nicht durchdringe, aber auf die obersten Luftschichten Einfluß habe, nämlich in der Weise, daß die Wolken dadurch sich auflösen. Dieß sei der Grund der bekannten Thatsache, daß zur Zeit des Vollmondes im Durchschnitte die Heiterkeit am größten ist.

Digitized by Google

einem gleichmäßigen, wenig bewegten Zustande sich nähert; ein Tag ist wenig vom andern verschieden, und eben dieß gilt von Monaten und Jahren. Erst in Norden und Süden fangen die großen Bewegungen und schroffen Aenderungen an: — ungleiche Vertheilung von Licht und Finsterniß, von Wärme und Kälte, damit auch der immer wachsende Einfluß zufälliger Ursachen bringen in den Tagen, Monaten und Jahren eine große, aber kaum vortheilhafte Abwechselung und Bewegung hervor. Gerade ein entgegengesetztes Verhältniß tritt im Bereiche des thierischen Lebens ein; Beweglichkeit gegen die Tropen und Phlegma gegen die Pole. Ohne Zweifel mindert das rauhere Klima der vom Aequator entferntern Zonen von Jugend auf die Reizbarkeit der Nerven, und gibt ihnen die größere Festigkeit, ohne welche sie die schroffen Wechsel und großen Extreme nicht zu ertragen im Stande wären.

123. Künftige Aenderung der Beleuchtung und Erwärmung. An das Bisherige reiht sich unmittelbar die Frage an, in wie ferne mit der Zeit durch die stets vorgehenden Aenderungen des Planetensystems eine Umgestaltung der jetzigen Verhältnisse, so weit sie von Licht und Wärme abhängen, erfolgen könnte. Was wir von den Säcularänderungen und der Stabilität des Planeten-Systems (§. 36) gesagt haben, entscheidet diese Frage dahin, daß eine dauernde Umgestaltung nicht stattfindet, sondern ein langsames Schwanken, wodurch nach längern oder kürzern Perioden Alles auf den Mittelstand wieder zurückkehrt. Inzwischen treten mehr oder minder beträchtliche Abweichungen ein: so wird gegenwärtig durch die allmälige Abnahme der Excentricität der Erdbahn die verschiedene Erwärmung im Sommer und Winter etwas ausgeglichen, jedoch ist der Erfolg für uns gänzlich unmerklich. Eben so wird unser Klima durch die Abnahme der Schiefe der Ecliptik von Jahr zu Jahr milder: es erstreckt sich aber die Aenderung nur so weit, daß z. B. Mitteldeutschland das Klima des südlichen Deutschlands (abgesehen von Localität) erlangt; alsdann erfolgt wieder eine Bewegung in entgegengesetztem Sinne. Eine ähnliche Bewandtniß hat es mit der Lage der Sonnennähe, die jetzt auf die Mitte des Winters fällt, aber allmälig vorrückt, und in 10000 Jahren auf die Mitte des Sommers treffen wird. Es läßt sich mit aller Wahrscheinlichkeit erwarten, daß die Zunahme von Licht und Wärme, auf welche uns so eine, freilich sehr ferne Aussicht gegeben ist, in unserm Klima im Ganzen kaum eine größere Aenderung, als die vorhin erwähnte Abnahme der Schiefe der Ecliptik hervorbringen dürfte.

Wenn übrigens die erwähnten Aenderungen keinen bisher erkannten Einfluß ausüben, so ist man deßhalb nicht etwa berechtigt, sie unbeachtet zu lassen. Eine Zunahme der Wärme, die weder unsere Vegetation merklich fördert, noch die mittlere Wärme entschieden (d. h. über die Gränzen der gewöhnlichen Schwankungen) erhöht, kann deßhalb doch Wirkungen hervorbringen, die auf andere Weise wahrgenommen werden können. Ich erinnere an das durch den Mond hervorgebrachte Schwanken der Erdaxe, wodurch die Schiefe der Ecliptik innerhalb einer Periode von 18 Jahren allmälig um 9 Secunden vergrößert, und dann um eben so viel wieder vermindert wird. Sicherlich ist die dadurch veränderte Erwärmung der Erdkugel für unsere unmittelbare Wahrnehmung unmerklich: gleichwohl hat Hansteen eine damit übereinstimmende Periode von 18 Jahren in der magnetischen Intensität nachgewiesen, und es ist zu vermuthen, daß dieser Erfolg in der Erwärmung seinen Grund habe (§. 254). Ich führe dieß an, blos um den Satz zu begründen, daß es unzweckmäßig sein würde, vorhandene Wirkungen, auch wenn wir für den Augenblick ihren Einfluß nicht nachweisen können, als bedeutungslos zu betrachten.

124. Zeiteintheilung: Jahre. Eine der wichtigsten Beziehungen

Digitized by Google

der planetarischen Bewegungen zum menschlichen Leben beruht darauf, daß jene eine Grundlage für Zeitrechnung und Zeiteintheilung gewähren, dadurch geordnete gesellschaftliche Verhältnisse, geordnete Eintheilung der Geschäfte, überhaupt die Möglichkeit eines civilisirten Lebens bedingen.

Die frühesten Völker nahmen die Bewegung des Mondes zur Grundlage und rechneten nach Monaten (Monden), die von einem Neumonde zum folgenden sich erstreckten: die Periode beträgt $29^1/_2$ Tage. Die Erfahrung wies indessen bald verschiedene Uebelstände auf; außerdem, daß die Zahl unbequem war, und die Periode nicht einmal eine volle Zahl von Tagen bildete, hatte die Mondperiode mit den wichtigsten Geschäften des ursprünglichen Volkslebens (auf Ackerbau oder überhaupt auf die Production der Erde sich beziehend) keinen Zusammenhang. Man erkannte bald, daß auf die Bewegung der Sonne eine zweckmäßigere Zeitrechnung zu begründen sei, und nahm nach den unvollkommenen Beobachtungen der frühesten Zeit ein Jahr von 365 Tagen an. Die Unrichtigkeit dieser Bestimmung war bereits den Egyptischen Priestern bekannt; sie brachten aus der Beobachtung der Sterne, mit welchen die Sonne auf- und unterging (§. 117), insbesondere aus der Beobachtung des Sirius (des Hundsterns) eine Jahreslänge von $365^1/_4$ Tagen heraus; im bürgerlichen Leben wurde jedoch die ursprüngliche Länge von 365 Tagen beibehalten, so daß 1462 bürgerliche Jahre gleich 1461 Umläufen der Sonne waren. Diese Periode wurde die Hundsternperiode genannt.

Mit der Zeit lehrte die genauere Beobachtung des Himmels, daß, wenn die Sonne auf einen Fixstern bezogen wird, die Solstitien, von welchen die Jahreszeiten abhängen, zu früh kommen, mithin die Jahreszeiten verschoben werden. In der That weicht der Durchschnittspunkt des Aequators mit der Sonnenbahn alle Jahre zurück, und die Sonne kommt wieder an den Aequator, oder an den Frühlingspunkt, ehe sie einen ganzen Umlauf vollendet hat. Den Zeitraum, der vergeht, bis die Sonne wieder zum Frühlingspunkte zurückkommt, nennt man das tropische Jahr. Die Länge des tropischen Jahres bestimmten die Astronomen des Griechischen und Römischen Zeitalters zu $365^1/_4$ Tagen, und Julius Cäsar richtete diesem zufolge den nach ihm benannten Julianischen Kalender so ein, daß immer nach drei gemeinen Jahren von 365 Tagen ein Schaltjahr zu 366 Tagen gezählt wurde. Die angenommene Länge des Jahres war jedoch nicht richtig, und in 16 Jahrhunderten wich der Kalender schon um 10 Tage von dem Laufe der Sonne ab. Den damaligen astronomischen Bestimmungen zufolge, setzte Papst Gregor der IX. fest, daß 10 Tage wegbleiben, dann jedes vierte Jahr ein Schaltjahr sein sollte mit Ausnahme der Säcularjahre, deren Ordnungszahl nicht durch 4 theilbar ist (1700, 1800, 1900, 2100 . . .): diese werden als gemeine Jahre zu 365 Tagen gerechnet. Die Jahreslänge, welche den Regeln des Gregorianischen Kalenders entspricht, ist 365 Tage, 5 Stunden 49′ 12″: da indessen die wahre Bestimmung um 21″ kürzer ist, so wird ungefähr um das Jahr 5400 der Kalender um einen Tag von dem Sonnenlaufe abweichen.

125. Zeiteintheilung: Tage und Stunden. Nicht blos die Jahres-, sondern auch die Tageslänge wird durch die Bewegung des Firmaments bestimmt. Aus der oben erwähnten Beobachtung der Sterne, die mit der Sonne auf- oder untergingen, war den Alten bereits bekannt, daß die Sonne beständig nach Osten rückt, also die Sterne immer früher untergehen. Damit war zwar der Unterschied zwischen Sternzeit und Sonnenzeit gegeben, allein erst im verflossenen Jahrhunderte haben die Astronomen davon Gebrauch zu machen angefangen.

Digitized by Google

Ein Sterntag ist die Zeit zwischen zwei Durchgängen desselben Sternes über die Mittagslinie. Da die Fixsterne als feststehend zu betrachten sind, so ist die erwähnte Zeit gleichbedeutend mit der Umdrehung der Erde um ihre Axe. Die Rotationszeit der Erde bildet eigentlich die Grundlage aller Zeitrechnung, und ist auch vortrefflich dazu geeignet, weil die Erde mit ewig gleichmäßiger Geschwindigkeit sich dreht. Für das bürgerliche Leben paßt die Sternzeit übrigens zum unmittelbaren Gebrauche nicht, sondern man muß den Sonnentag, und zwar (falls das Zeitmaaß unmittelbar durch die Bewegungen im Himmel gegeben sein soll) den wahren Sonnentag, d. h. die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Durchgängen der Sonne über die Mittagslinie wählen. Vom frühesten Alterthume an rechnete man nach dieser Zeit, die eigentlich nur durch Sonnenuhren richtig gezeigt wird, bis in neueste Zeit die Räderuhren in allgemeinen Gebrauch kamen, und sonst auch das Bedürfniß fühlbar wurde, eine gleichförmige Zeitrechnung zu haben. Gleichförmig ist aber die Sonnenzeit nicht: sie wäre es, wenn die Erde in einem Kreise mit gleichförmiger Bewegung um die Sonne herumginge, und die Erdaxe gegen ihre Bahn senkrecht stünde; aber theils die Neigung der Erdbahn, theils ihre elliptische Gestalt und die Störungen bewirken eine bald größere, bald geringere Geschwindigkeit, und so kommt die Sonne einmal etwas früher, einmal etwas später in den Mittag.

Eine solche Einrichtung den Räderuhren zu geben, daß sie dem ungleichmäßigen Gange der Sonne richtig folgen könnten, ist unmöglich: das Höchste, was ein Künstler erreichen kann, ist, einen gleichförmigen Gang zu bewirken. Eine Uhr, die dieser Bedingung genügt, wird gegen die Sonne bald zurückbleiben, bald vorauseilen; ist sie aber so gerichtet, daß sie nach einem vollen Jahre wieder mit der Sonne zusammentrifft, so zeigt sie mittlere Sonnenzeit. Ein mittlerer Sonnentag ist also dem andern vollkommen gleich das ganze Jahr hindurch, was auch bei dem Sterntag der Fall ist: der Sonnentag ist aber länger, als der Sterntag um $3'.56,''9$.

Die Astronomen gebrauchen bei ihren Beobachtungen in der Regel Uhren, die nach Sternzeit gehen; rechnen übrigens sonst nach mittlerer Zeit. Im bürgerlichen Leben hat man früher die Uhren nach Sonnenzeit gerichtet, gegenwärtig ist dieß wohl allgemein (in einigen Orten erst in neuester Zeit) als unzweckmäßig aufgegeben, und mittlere Zeit eingeführt worden.

Was die Zählung der Zeit betrifft, so fängt der Sterntag an, wenn der Frühlingspunkt im Mittag ist, und bis er wieder in den Mittag kommt, rechnet man 24 Stunden (fortlaufend). Bei der mittlern Zeit fangen die Astronomen zu Mittag an, und zählen ebenfalls 24 Stunden (fortlaufend) bis zum folgenden Mittag. Im bürgerlichen Leben ist bekanntlich der Anfang des Tages um Mitternacht, und bis zur folgenden Mitternacht werden zweimal 12 Stunden gezählt.

Die Verhältnisse bezüglich auf mittlere Zeit, wahre Zeit und Sternzeit findet man in Tab. XII. am Ende zusammengestellt.

Digitized by Google

XII. Besondere Erscheinungen.

126. Verschiedene Wichtigkeit der Erscheinungen. Einige Beobachtungen können das ganze Jahr hindurch vorgenommen werden, und bilden an Sternwarten eine tägliche Arbeit, z. B. die Ortsbestimmung der Sonne, des Mondes u. s. w.: andere sind nur von Zeit zu Zeit anzustellen, und erscheinen demnach als etwas Besonderes. Es gibt aber noch eine andere Beziehung, auf welche sich eine analoge Eintheilung gründet. Jedem wird es leicht begreiflich sein, daß die Beobachtung nicht immer gleich vortheilhaft ist. Eine Messung, die unter besondern Umständen gemacht wird, entscheidet oft mehr als viele Messungen unter gewöhnlichen Verhältnissen: auch gibt es manche Zwecke, die überhaupt besondere Umstände erfordern. Theils mit Rücksicht auf die hier hervorgehobenen Beziehungen, theils auch wegen Seltenheit oder Großartigkeit legt man einigen Erscheinungen besondere Wichtigkeit bei. Ohne gerade etwas Vollständiges zusammenstellen zu wollen, führe ich hier die vorzüglichsten dieser Erscheinungen auf. Ich fange mit den Finsternissen an.

127. Finsternisse überhaupt. Wenn die Bahnen, in welchen die Planeten um die Sonne, und die Satelliten um ihre Planeten herumgehen, sämmtlich in einer Ebene lägen, dann müßte es häufig geschehen, daß ein Körper dem andern das Licht der Sonne, vorübergehend, abschneiden würde. Die Bahnen liegen nun nicht in einer Ebene, aber durchschneiden sich sämmtlich, und trifft es sich gerade, daß zwei Körper, wenn sie in oder nahe an den Durchschnittspunkten sind, auf solche Weise in eine Linie mit der Sonne zu stehen kommen, so folgt im Allgemeinen eine Verfinsterung. Ich sage, im Allgemeinen, weil außer der Stellung auch noch eine Hauptbedingung zu berücksichtigen ist, nämlich die Größe. Wenn die Sonne S (Fig. 41) einen andern kugelförmigen Körper P von kleinerm Durchmesser beleuchtet, so entsteht hinter diesem ein Schattenkegel — Kernschatten — wo gar kein Licht hinkommt, und um den Schattenkegel herum ein einhüllender Halbschatten, wo nur ein Theil der Sonne Licht hinsendet. Der Kernschatten hat eine bestimmte Länge, der Halbschatten verbreitet sich ins Unendliche hinaus, wird aber immer schwächer, so daß man zuletzt nichts mehr wahrzunehmen im Stande ist.

Von keinem Hauptplaneten reicht der Schatten so weit hinaus, daß dadurch ein anderer Planet verfinstert werden könnte; nur bei den Nebenplaneten kommen Verfinsterungen vor. Die vorzüglichsten Fälle dieser Art wollen wir einzeln betrachten.

128. Mondfinsternisse. Der Kernschatten der Erde reicht weit über die Mondbahn hinaus, und hat in der mittlern Entfernung des Mondes noch einen Durchmesser, der um $^1/_3$ größer ist, als der Durchmesser des Mondes. Was den Halbschatten betrifft, so breitet er sich so weit aus, daß sein Durchmesser den dreifachen Monddurchmesser übertrifft, ist aber gegen die äußere Gränze hin so schwach, daß, wenn der Mond hineinkommt, wir eine Abnahme des Lichtes kaum wahrzunehmen im Stande sind: erst ganz in der Nähe des Kernschattens wird die Lichtabnahme merklich. Je nach den Umständen geht der Mond bisweilen mitten durch den Erdschatten, und die Verfinsterung ist total bisweilen nördlich, oder südlich von der Mitte vorbei, und die Verfinsterung ist nur partial.

Der Kernschatten und Halbschatten sind nicht etwa durch eine bestimmte

Digitized by Google

Begränzung getrennt, sondern der Halbschatten wird immer dunkler, bis er in den Kernschatten übergeht. Für uns aber hört die Wahrnehmung einer Beleuchtung auf, nicht wo das ganze Licht verschwindet, sondern schon früher, sobald nicht mehr hinreichendes Licht vorhanden ist. Was wir also bei Mondsfinsternissen gemeinhin den Erdschatten nennen, begreift außer dem Kernschatten auch einen kleinen Theil des Halbschattens in sich. Dieß ist, was man die Vergrößerung des Erdschattens nennt, die unter verschiedenen Umständen sehr verschieden zu sein scheint. Lambert hat die Vergrößerung zu $^1/_{60}$ des Kernschattens bestimmt: Beer und Mädler dagegen zeigen, daß hier ziemlich weite Gränzen anzunehmen sind, und führen zwei Fälle auf, wo sie einmal $^1/_{50}$, einmal $^1/_{28}$ betrug. Merkwürdig ist dabei der Einfluß unserer Atmosphäre. Je nachdem sie mehr oder weniger rein ist, erscheint der Schattenrand mehr oder minder scharf begränzt: zugleich wirft das in der Atmosphäre gebrochene Licht einen ziemlich intensiven*) röthlichen Schimmer — einen ähnlichen wie wir im Abend- und Morgenroth bemerken — in den Kernschatten hinein, und der verfinsterte Mond erscheint in der Regel stets röthlich. Die Röthe wird aber nur in den untern Luftschichten erzeugt; die obern sind zu dünn, um auf das Licht einen Einfluß auszuüben. Geschieht es nun, daß die tiefern Schichten der Atmosphäre durch Wolken und Dünste verdichtet, kein Licht durchlassen, so entsteht auch keine Röthe, und der Mond verschwindet im Schatten vollkommen. Dieser Fall ist jedoch nur selten bisher beobachtet worden.

Man benützte in frühern Zeiten die Mondfinsternisse vorzugsweise zu terrestrischen Längenbestimmungen. Eine Mondfinsterniß tritt für alle Orte, die unter demselben Meridian stehen, zu derselben Uhrzeit ein; aber östliche Orte zählen mehr, westliche weniger im Verhältnisse der Meridiandifferenz. Wenn also an mehreren Orten eine Mondfinsterniß beobachtet wird, so sind die Unterschiede der Urzeiten mit der Meridiandifferenz oder dem Längenunterschiede gleichbedeutend. Der einzige Uebelstand dabei ist, daß der Schatten, wie bereits erwähnt wurde, nicht scharf genug begränzt erscheint, und man deßhalb auch nicht genau den Augenblick angeben kann, wo die Verfinsterung beginnt oder endet. — Seitdem man bessere Mittel zur Längenbestimmung kennen gelernt hat, werden die Mondfinsternisse gewöhnlich ganz und gar unbeachtet gelassen, — sehr mit Unrecht, denn obwohl sie keine guten Meridiandifferenzen geben, so sind sie doch zur Entscheidung mancher mit der Erdatmosphäre verbundenen Erscheinungen geeignet.

129. Die Finsternisse der Jupiters-, Saturns- und Uranus-Trabanten. Die Finsternisse der Jupiters-Trabanten haben ganz dieselbe Entstehungsweise, wie die Mondfinsternisse, und sind auch auf ähnliche Weise benützt worden. Der Schattenkegel des Jupiter, sehr langsam abnehmend, geht durch die Bahnen sämmtlicher Satelliten, und reicht noch weit in den Raum hinaus. Es gibt zwei Umstände, welche bewirken, daß die Jupiters-Trabanten viel häufiger als unser Mond verfinstert werden; fürs Erste bewegen sie sich schneller als der Mond, fürs Zweite ist der Schatten des Jupiter weit größer als jener der Erde. Der Halbschatten und vielleicht auch die Atmosphäre des Jupiter bewirken übrigens dieselbe Unbestimmtheit der Begränzung beim Jupiter-Schatten, die wir oben hinsichtlich der Erde

*) Es ist meines Wissens niemals versucht worden, die Stärke der Erleuchtung bei Mondfinsternissen zu bestimmen, obwohl dieß von großem Interesse wäre. Die Erleuchtung ist gewöhnlich so stark, daß man mit dem Fernrohre ganz gut die größern Unebenheiten der Mondoberfläche unterscheiden kann.

Digitized by Google

erwähnt haben, so daß eine scharfe Bestimmung des Verschwindens und Wiedererscheinens der Trabanten nicht möglich ist; insbesondere geben Fernröhre von größerer optischer Kraft immer einen spätern Anfang und ein früheres Ende der Finsterniß. Den Seefahrern leisten jedoch noch immer die Jupiter-Trabanten nützliche Dienste, und man läßt nie eine Gelegenheit, sie zu beobachten, unbenützt, weil sie wenigstens eine sehr genäherte Bestimmung der geographischen Länge gewähren.

Der Schatten des Saturn und Uranus bringt ebenfalls, bei geeigneter Lage dieser Planeten, eine Verfinsterung der Trabanten hervor, allein ihre Beobachtung wird für uns theils wegen der Lage der Erde, theils wegen der Kleinheit der Trabanten wohl immerhin unmöglich oder nutzlos gemacht.

130. Bedeckungen. Die Verdunklung durch Eintritt in einen Schatten führt überall den Uebelstand mit sich, daß der präcise Moment des Anfangs oder Endes nicht angegeben werden kann. Anders verhält es sich mit den Bedeckungen, welche dadurch entstehen, daß ein dazwischen vorübergehender Körper dem Beobachter das Licht abschneidet: in diesem Falle ist für die größte Präcision der Beobachtung Gelegenheit gegeben. Hieher sind Sonnenfinsternisse, Vorübergänge des Mercur und der Venus vor der Sonne, dann Sternbedeckungen zu rechnen.

131. Sonnenfinsternisse. Von den ältesten Zeiten her hat man die Sonnenfinsternisse zu den merkwürdigsten und großartigsten Anblicken gerechnet. Theils dieser Umstand, theils die Beziehung, die man ihnen im Alterthume zu religiösen Ideen gab, bewirkte, daß das Andenken derselben — und damit die trefflichsten Anhaltspunkte chronologischer Untersuchungen — der Nachwelt aufbewahrt wurden. Dem Astronomen dienen die alten wie die neuen Sonnenfinsternisse zunächst als Ortsbestimmungen der Sonne oder des Mondes. Die neuern verwendet man außerdem zu Ermittelung der geographischen Länge. Auch sehr scharfe Bestimmungen der scheinbaren Größe der Sonne und des Mondes können daraus abgeleitet werden, wenn man den Betrag der Irradiation kennt (§. 24). Zu bedauern ist nur, daß so selten Sonnenfinsternisse überhaupt und insbesondere centrale eintreten, auch ihre Sichtbarkeit nicht gar weit sich ausdehnt.

Bei den meisten Finsternissen wird nur ein Theil der Sonne bedeckt, und zwar gibt man die Größe des bedeckten Theiles nach Zollen an, wobei ein Zoll den 12ten Theil des Sonnendurchmessers bedeutet: nur selten treffen die Mittelpunkte so nahe zusammen, daß der Mond die Sonne vollkommen bedeckt (totale Finsterniß Fig. 43 b), oder nur einen schmalen Ring übrig läßt (ringförmige Finsterniß Fig. 42). Letzteres geschieht, wenn der Mond in dem entferntern Theile seiner Bahn sich befindet, also kleiner erscheint; ersteres erfordert eine sehr nahe Stellung.

Die Dauer einer Sonnenfinsterniß überhaupt kann für keinen Punkt der Erde über 4½ Stunden, bei uns nicht über 3½ Stunden betragen: und zwar geht die Erscheinung um so schneller vorüber, je weiter die Mittelpunkte der Sonne und des Mondes auseinander bleiben. Das gänzliche Verschwinden der Sonne kann nirgends über 8 und die Erscheinung des Ringes nicht über 12 Minuten dauern: in den gewöhnlichsten Fällen aber wird die Dauer kaum halb so groß sein.

Die Momente, welche beobachtet werden, sind: Anfang und Ende, außerdem bei totalen Finsternissen gänzliches Verschwinden und Wiedererscheinen der Sonne; bei ringförmigen Finsternissen Bildung und Brechung des Ringes.

Digitized by Google

Nur ein schmaler Streifen der Erdoberfläche sieht eine Finsterniß total oder ringförmig; links und rechts von diesem Streifen erscheint sie blos partial. Die Sichtbarkeit dehnt sich überhaupt nur auf einen kleinen Theil der Erdoberfläche aus. Bedenkt man außerdem, daß $^2/_3$ der Erdoberfläche mit Meer bedeckt, und die Hälfte des Jahres der Himmel mit Wolken überzogen ist, so wird man leicht begreifen, daß Sonnenfinsternisse sehr selten überhaupt, und noch seltener an wohleingerichteten Sternwarten zu beobachten Gelegenheit vorhanden ist. Diesem Umstande, dann dem schnellen Vorübergehen der Momente selbst, haben wir es denn auch zuzuschreiben, daß mancherlei merkwürdige Erscheinungen, die von einzelnen Beobachtern mit mehr oder weniger Bestimmtheit angegeben worden sind, noch nicht hinreichend untersucht werden konnten. Die hieher gehörigen Erscheinungen kann man ungefähr folgendermaßen klassificiren.

1) Wenn der Sonnen- und Mondrand einander sehr nahe kommen (Fig. 42), so daß dazwischen nur ein feiner Lichtfaden bleibt, so zertheilt sich dieser zuerst in größere Abtheilungen, zwischen welchen schwarze Streifen erscheinen: je kleiner dann der Lichtfaden wird, desto zahlreicher werden die Abtheilungen, zuletzt bilden sie eine Reihe von Lichtpunkten, einer Perlschnur ähnlich, und verschwinden plötzlich.

2) Wenn die Sonne hinter dem Monde verschwindet, so erscheint ein heller Kranz oder Heiligenschein um den Mond, mit mehr oder weniger intensiven Farben (Fig. 43 b).

3) Der Rand des Mondes selbst erscheint in violettem Lichte, wenn die Sonne sich dahinter befindet sowohl, als nach der Bildung des Ringes.

4) Ist die Sonne hinter dem Mondrand und sehr nahe daran, so zeigen sich einzelne Punkte des Mondrandes (wie es scheint die Thäler) in weit stärkerm Lichte, als der übrige Rand und zwar mit violetter Färbung (Fig. 43a, 43b).

5) Auch eine begränzte Atmosphäre der Sonne, d. h. eine kugelförmig begränzte Lichthülle außerhalb der Sonnenkugel und mit schwächerm Lichte als diese, soll bei totaler Finsterniß gesehen worden sein.

132. Lichtpunkte bei Bildung und Brechung des Ringes. Die Erscheinung Nro. 1 ist mit mehr oder weniger Bestimmtheit beobachtet und beschrieben worden von

Halley 1715 am 22. April (totale Sonnenfinsterniß),
Ellicot und Ferrer in Amerika 1806 am 16. Juni (totale Sonnenfinsterniß),
Caldecott (Parrat, Ostindien) am 21. Dez. 1843 (totale Sonnenfinsterniß),
Maclaurin und mehrere Andere 1736 am 7. Febr. (ringförm. Sonnenfinst.),
Short und Irwin 1748 am 14. Juli (ringförmige Sonnenfinsterniß),
Webber in Amerika 1791 am 3. April (ringförmige Sonnenfinsterniß),
Nicolai, Schwerd, van Swinden, Zach 1820 am 7. Sept. (ringf. Sonnenf.),
Baily und Henderson 1836 am 15. Mai (ringförmige Sonnenfinsterniß).

Durch so viele übereinstimmende Zeugnisse ist die Richtigkeit der Thatsache außer Zweifel gesetzt. Merkwürdig auf der andern Seite ist es, daß im Jahre 1842 bei der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. Juli Niemand Lichtpunkte oder irgend eine sonstige damit verwandte Unregelmäßigkeit bemerken konnte, obwohl alle Beobachter hierauf ihre Aufmerksamkeit gerichtet hatten. Auch ist noch anzuführen, daß Cassini 1724 am 22. Mai bei einer totalen Finsterniß die Erscheinung nicht wahrgenommen hat, während Delisle, welcher gleichzeitig mit ihm beobachtete, den Mondrand zackig (eine Andeutung der Lichtpunkte) bemerkte.

Eine Erklärung der Erscheinung zu geben, ist für jetzt wohl unmöglich. Einige haben den Grund in der wallenden Bewegung unserer Atmosphäre ge-

Digitized by Google

sucht; Einige in der Beschaffenheit des Mondrandes, oder in einer Atmosphäre, die den Rand bedecken soll, ohne jedoch zu zeigen, wie man daraus den Erfolg genügend ableiten könnte. Vielleicht dürfte mit größerm Rechte der Sonne selbst und den Eigenthümlichkeiten ihres Lichtes die Erscheinung zugeschrieben werden; ich bemerke dabei, daß die verschiedenen Theile der Sonnenoberfläche und folglich auch des Randes keineswegs eine gleichmäßige Beschaffenheit zu haben scheinen; daraus ist gar wohl begreiflich, wie die Lichtpunkte einmal entstehen, ein andersmal wieder fehlen können.

133. Lichtkranz bei totalen Finsterniſſen. Die Erscheinung Nro. 2 ist bisher jedesmal bei totalen Sonnenfinsterniſſen beobachtet worden, jedoch sind die Beschreibungen nicht in allen Punkten übereinstimmend. Im Ganzen scheint hervorzugehen, daß der Kranz nicht von Allen gleich hell und nicht von Allen gleich groß gesehen worden ist. Einen genügenden Beweis für letztern Satz gewähren folgende Angaben über die Breite des Kranzes bei der totalen Sonnenfinsterniß von 1842; sie betrug

nach Airy (Superga bei Turin) . . . 1/4 vom Monddurchmesser
„ Baily (Pavia) . . . . . 1/2 „ „
„ O. Struve und Schidlowsky (Lipezk) 3/4 „ „
„ Stubendorf (Koräkof) . . . . 1/3 „ „
„ Kurowizky (Semipalatinsk) . . 1/6 „ „

Die Verschiedenheit kann zum Theile auch daher kommen, daß das Licht des Kranzes nicht ein ruhiges oder gleichmäßiges ist, sondern ein strahlendes, etwa wie eine helle Straßenlaterne bei der Nacht um einen Gegenstand verbreitet, der gerade groß genug ist, die Flamme vor dem Auge zu verdecken. Nach O. Struve war dieß sehr auffallend, in Lipezk (1842) wahrzunehmen, wo einzelne Strahlen weit über den Kranz und zwar bis auf 6 Monddurchmesser hinausgingen.

Die Erscheinung des Kranzes stimmt mit den Lehrsätzen, welche die Physik über das Licht aufstellt, sehr wohl überein: es handelt sich ohne Zweifel hier um ein Interferenzphänomen, welches von der Atmosphäre bezüglich auf scheinbare Größe und Helligkeit verschieden und sehr bedeutend modificirt wird.

134. Violetter Schein am Mondrande. Die Erscheinung des violetten Lichtes, Nro. 3, ist nicht immer gleich deutlich bemerkt worden, weil die Beobachter zum Theile mit Blendgläsern und nicht mit freiem Auge den Mondrand betrachteten: Einige bezeichnen auch die Farbe als braun. Beim Durchlesen der verschiedenen Beschreibungen bleibt indessen nach meiner Ansicht kein Zweifel übrig, daß die Beleuchtung violett ist und sich, stetig an Intensität abnehmend, bis gegen die Mitte des Mondes hinein erstreckt: die Erklärung bietet auch keine Schwierigkeit dar; wir sehen die innere Farbe des Spectrums, welches durch Diffraction des Lichtes an einer Kante entstehen muß.

135. Violette Lichtpunkte am Mondrande. Mancherlei Schwierigkeit ist mit der Erklärung von Nro. 4 verbunden. Lichtpunkte (die übrigens weit schwächer als das Licht der Sonnenscheibe waren) sind beobachtet worden in der Form Fig. 43 a bei ringförmiger und in der Form Fig. 43 b bei totaler Finsterniß, und zwar von

Vassenius am 2. Mai 1733 (totale Finsterniß),
Maclaurin am 18. Febr. 1736—7 (ringförmige Finsterniß),
Short am 14. Juli 1748 (ringförmige Finsterniß),
Van Swinden am 7. Sept. 1820 (ringförmige Finsterniß),
Bessel am 15. Mai 1836 (ringförmige Finsterniß),

Digitized by Google

Airy, Baily, Schuhmacher, Valz, O. Struve und Schidlowsky und vielen Andern am 8. Juli 1842 (totale Finsterniß).

Bei totalen Finsternissen haben die Lichtpunkte den Eindruck gemacht, als wenn es Berge oder Zacken*) wären, die von dem Mondrande hinausstünden und eine Höhe von $^1/_{15}$ bis $^1/_{30}$ des Monddurchmessers hätten. Wir besitzen eine genaue Darstellung der Erscheinung, wie sie am 8. Juli 1842 von Schuhmacher (Wien), Airy (Turin), Baily (Pavia), Schidlowsky (Lipezk) gesehen wurde. Die Vergleichung der Zeichnungen läßt kaum einen Zweifel übrig, daß die verschiedenen Beobachter nicht die nämlichen Punkte gesehen haben. Bei derselben Sonnenfinsterniß bemerkte Valz in Marseille zuerst zwei, dann drei Punkte heller, als Sterne erster Größe, und zwar, wie es scheint, auf derselben Seite, wo sie Airy gesehen hat: von diesen Punkten gingen Lichtkegel hinaus, senkrecht gegen den Mondrand. Zu gleicher Zeit wurde nur ein heller Punkt in Narbonne, zwei in Nimes, und drei in Montpellier gesehen.

Man hat ziemlich allgemein bisher die eben erwähnten hellen Punkte für Theile der Sonnenatmosphäre gehalten: indessen scheint mir diese Ansicht mit den Beobachtungen durchaus unvereinbar. Entweder muß man annehmen, daß die Sonnenatmosphäre einzelne besonders glänzende Theile (etwa hell erleuchtete Wolken) habe, die über den Mondrand hervorkommen, ehe die Sonne erscheint, oder man muß voraussetzen, daß am Mondrande Einschnitte — Thäler sich befinden, durch welche das Licht der Sonnenatmosphäre zu uns gelangt. Im ersten Falle müssen alle Beobachter die hellen Punkte in derselben Lage sehen, was den eben angeführten Angaben widerspricht; im zweiten Falle müßte die Helligkeit, die Anfangs durch ein Thal hereinkam, nach und nach auf die zunächst gelegenen Theile des Randes sich ausdehnen, was sämmtlichen Wahrnehmungen, insbesondere jenen von Short und Valz, zufolge nicht geschehen ist: in beiden Fällen endlich müßte die Helligkeit allmälig zunehmen, bis die Sonne erscheint, was wiederum mit den Beobachtungen nicht übereinstimmt.

Nach meiner Ansicht haben die hellen Punkte bei totalen wie bei ringförmigen Finsternissen dieselbe Entstehungsweise; sie sind stark beleuchtete Stellen des Mondrandes, von welchen ein Lichtkegel hinausgeht. Fragt man, wie es kommen kann, daß einzelne Punkte des Mondrandes, während sie von den Sonnenstrahlen in gerader Linie nicht erreicht werden, dennoch beleuchtet erscheinen, so bemerke ich, daß man eine zweifache Reflexion voraussetzen muß. Ich stelle mir vor, daß das Sonnenlicht von rückwärts durch die Thäler gegen den Mondrand hereinkommt, und sowohl die Seiten der Thäler als die hervorragenden Bergspitzen erleuchtet. Von den so direkt beleuchteten Punkten (die wir begreiflicher Weise nicht sehen können) wird das Licht weiter auf andere geworfen, die uns sichtbar sind. Dieß setzt eine besondere Lage der Berge und Thäler voraus, deßhalb zeigt sich die Erscheinung auch nur an einzelnen Orten: es setzt ferner eine starke Reflexionskraft der Mondoberfläche oder wenigstens einzelner Theile derselben voraus, was ganz mit sonst bekannten Thatsachen übereinstimmt (§. 66).

Bemerkenswerth ist, daß Caldecott, der auf die Erscheinung aufmerksam war, keine Flammen oder Vorsprünge bei der totalen Finsterniß am 21. Dez. 1843, die er in Ostindien beobachtet hat, wahrnehmen konnte.

136. Sonnenatmosphäre. Was endlich eine Sonnenatmosphäre

*) Sie sind auch als Flammen oder feurige Zungen bezeichnet worden.

Digitized by Google

betrifft, die unmittelbar gesehen worden sein soll, so liegen nur ein paar Andeutungen vor, denen die Beobachter selbst nicht gerade besonderes Gewicht beilegen. So sagt Airy in seinem Berichte über die Sonnenfinsterniß von 1842:

„Ich habe jetzt eine sonderbare Beobachtung zu erwähnen. Ich betrachtete eben mit aller Aufmerksamkeit vor dem Verschwinden des Sonnenrandes den schmalen Lichtfaden, der schnell sich zusammenzog: . . . . ich sah den Mondrand auf der Sonne fortrücken, und diese gänzlich verdecken. Einen Augenblick wandte ich mich vom Fernrohre weg, da hörte ich meinen Begleiter (der mit freiem Auge die Sonnenfinsterniß betrachtete) bemerken, daß die Sonne bald verschwinden würde. Ich sagte: sie ist schon verschwunden. Als er dagegen versicherte, sie sei noch nicht weg, so brachte ich wieder das Auge an das Fernrohr und zu meinem größten Erstaunen sah ich wieder den schmalen Lichtfaden, aber schwächer als zuvor. Ich beobachtete wieder, wie der Mond vorrückte, und die Sonnenscheibe gänzlich zudeckte. Mit andern Worten: ich sah die Totalbedeckung zweimal." Der von Airy angeführte Umstand, daß eine dünne Wolke eben vorüberzog, wird die Erscheinung allenfalls erklären, jedoch keinesweges in so befriedigender Weise, daß es nicht von Interesse wäre, bei künftigen Gelegenheiten auf diesen Punkt besondere Aufmerksamkeit zu richten. Eine zweite Angabe, wodurch das Vorhandensein einer Sonnenatmosphäre direkt angedeutet wird, findet man in O. Struve's Berichte über die von ihm in Lipezk beobachtete Sonnenfinsterniß von 1842. Er sagt, daß mehrere wohlunterrichtete Zuschauer in dem Ringe (d. h. in dem Lichtkranze, der den Mond während der totalen Finsterniß umgab), einen zurückgebliebenen, aber schwächer erleuchteten Theil der Sonne selbst zu erkennen glaubten. Daß ein solcher Umstand den eigentlichen Beobachtern, welche die Momente der Finsterniß aufzuzeichnen sich zur Aufgabe machten, unbemerkt geblieben wäre, hätte nichts Auffallendes: vorläufig aber, bis weitere und gehörig begründete Wahrnehmungen vorliegen, läßt sich bloß wiederholen, was wir oben gesagt haben; daß es zweckmäßig ist, auf die Erscheinung bei künftigen Sonnenfinsternissen besondere Aufmerksamkeit zu wenden.

137. Eindruck totaler Sonnenfinsternisse. Die Umstände, von welchen größere Finsternisse begleitet werden, sind höchst merkwürdig. Bei starker Verminderung des Lichtes erscheinen alle Gegenstände grau: der Anblick einer Landschaft bringt in solcher Beleuchtung einen eigenthümlichen, wohl nicht zu beschreibenden Eindruck hervor, was ich selbst im Jahre 1842 zu bemerken Gelegenheit hatte. Wenn eine Sonnenfinsterniß nahe total oder ringförmig ist, so steht man Venus, bisweilen auch Mercur mit freiem Auge am Himmel. Bei totaler Finsterniß erscheinen die Sterne erster, auch bisweilen zweiter Größe.

Wo die Luft sehr rein ist, kann eine völlige Finsterniß eintreten: so erzählt Clavius als Augenzeuge, daß in Coimbra bei der totalen Finsterniß vom 21. August 1560 es eben so dunkel war, wie in ganz finsterer Nacht; man sah nicht, wo man den Fuß hinsetzte, und die Vögel fielen aus der Luft. Bei uns wird es nie so finster, daß man nicht wenigstens mit Mühe noch großen Druck im Freien lesen könnte.

Der Eindruck totaler Sonnenfinsternisse auf Menschen und Thiere wird durch eine große Menge älterer Zeugnisse als außerordentlich und wahrhaft magisch beschrieben. Die neuern Angaben des Gubernialraths Lorenz von Lemberg, der, eben auf einer Reise begriffen, eine Sonnenfinsterniß (Nov. 1816) auf freiem Felde zu beobachten Gelegenheit hatte, stimmen damit überein: — „Höchst merkwürdig," sagt er, „war einige Secunden vor der totalen Verfinsterung der sichtliche Weg des Mondschattens auf den großen Schneetristen, von

Digitized by Google

Westen her gegen meinen Beobachtungsort. Dort lag schon Alles in tiefer Dunkelheit, alle Dörfer verschwanden plötzlich in der Finsterniß, bis der Schatten des östlichen Mondrandes auch mich erjagte, und die nächste Umgebung in Dunkelheit versetzte. Die Dauer der größten Verdunkelung konnte ich nur ungefähr auf 14″ angeben, weil mein Bedienter von Furcht ergriffen, nur bis 6″ zählte, und ich die übrigen 8″ durch Schätzung ergänzte. Eben so interessant war beim Hervorbrechen des Sonnenrandes das sichtbare Vorüberjagen des Mondrandes, dessen Annäherung auf den weiten Schneeebenen ebenfalls wahrzunehmen war. Auch muß ich mich durchaus auf der Gränze der totalen Verfinsterung befunden haben, weil der südliche Horizont erhellt blieb, und einen interessanten Anblick gewährte, indem die ungefähr 4 Meilen entfernte Stadt Jarosław, die ich Anfangs gar nicht wahrnahm, bei der gänzlichen Verdunkelung plötzlich wie ein glänzender Kern hervorstieg. Die Pferde wurden ängstlich, und drängten sich umgewendet zusammen, wieherten aber freudig beim Hervorbrechen des ersten Sonnenstrahls.“

Der Eindruck besonders auf Pferde wird durch Airy's Bericht (1842) bestätigt, auch erwähnt er, daß Plana und Forbes von der Turiner Sternwarte aus den Mondschatten auf den nördlichen und westlichen Gebirgen deutlich vorüberziehen sahen.

Den angeführten Zeugnissen gegenüber ist der Bericht von Caldecott, der in Parrat (Ostindien) eine totale Sonnenfinsterniß am Morgen des 21. Dezember 1843 beobachtete, merkwürdig: er versichert, daß weder unter den Eingebornen, die herbeigekommen waren, noch unter den Heerden, die sich in der Nähe befanden, Furcht oder Unruhe sich auf irgend eine Weise kund gegeben habe.

138. Mercur und Venus-Durchgänge. Bei jedem Umlaufe gehen Mercur und Venus zwischen der Sonne und der Erde durch, aber fast immer etwas nördlich oder südlich von der Sonnenscheibe, wo sie begreiflicher Weise wegen des hellen Glanzes der Sonne nicht wahrgenommen werden können. Nur sehr selten trifft es sich, daß der eine oder andere von diesen Planeten genau in die Linie zwischen der Sonne und der Erde vorübergeht: ist aber dieß der Fall, so erblickt man den Planeten als schwarzen Punkt auf der Sonne. Ein geschwärztes Glas reicht hin, um das Phänomen wahrzunehmen, welches übrigens für den bloßen Zuschauer mehr selten als auffallend ist. Auch für den Astronomen ist ein Mercurs-Durchgang, obwohl immer eine willkommene Erscheinung, keineswegs gerade von außerordentlicher Wichtigkeit; dagegen bietet sich überhaupt am Himmel keine Erscheinung dar, welche größeres Interesse hätte, als ein Durchgang der Venus, weil diese Erscheinung die einzige ist, aus welcher die Entfernung der Erde von der Sonne — die Grundeinheit aller Planeten-Entfernungen — mit einem entsprechenden Grade von Sicherheit abgeleitet werden kann. Man denke sich einen Beobachter am Cap d. g. H. und einen zweiten in Berlin in gerader Linie ungefähr 1200 Meilen von einander entfernt, so wird letzterer die Venus (die alsdann in einem Abstande von $^1/_4$ Sonnenweite, also uns sehr nahe steht) südlicher, ersterer nördlicher auf der Sonnenscheibe erblicken. Aus dem Unterschiede der beobachteten Stellung und der bekannten Entfernung der Beobachter läßt sich (analog mit §. 98.) die Entfernung der Venus und daraus die Entfernung der Sonne ableiten.

Seitdem Halley die Möglichkeit dargethan hat, aus Venus-Durchgängen in der eben angedeuteten Weise die Entfernung der Sonne zu bestimmen, pflegt man keinen Durchgang vorübergehen zu lassen, ohne die außerordentlichsten Vorbereitungen zu treffen. Nach allen Theilen der Welt, wo die Erscheinung zu beobachten ist, werden einzelne Astronomen oder wissenschaftliche Expeditionen

Digitized by Google

abgesendet. Zu bedauern ist nur, daß die Erscheinung so selten eintritt. In der Regel folgen zwei Durchgänge auf einander mit einem Intervalle von blos 8 Jahren, dann kommt eine lange Zwischenperiode von 105 Jahren. Somit sieht man gewöhnlich in jedem Jahrhundert höchstens zwei Venus-Durchgänge. Jene des 18. Jahrhunderts trafen ein am

5. Juni 1761
3. Juni 1769

die des gegenwärtigen Jahrhunderts fallen auf den

8. December 1874
6. December 1882;

das zwanzigste Jahrhundert wird übersprungen, und erst im 21. sieht man wieder zwei Venus-Durchgänge, nämlich am

7. Juni 2004
5. Juni 2012.

Die Durchgänge des Mercur kommen häufiger vor. In gegenwärtigem Jahrhunderte finden oder fanden folgende statt:

8.	November	1802
11.	„ „	1815
4.	„ „	1822
4.	Mai	1832
7.	November	1835
8.	Mai	1845
7.	November	1848
11.	„ „	1861
4.	„ „	1868
6.	Mai	1878
7.	November	1881
9.	Mai	1891
10.	November	1894.

Die Durchgänge erfolgen begreiflicher Weise blos, wenn Mercur oder Venus in dem Theile ihrer Bahn, der die Erdbahn durchschneidet, mit der Erde zusammentreffen. Die Venusbahn durchschneidet aber die Erdbahn am 5. Juni und 6. December; die Merkurbahn am Anfange Mai und Anfang November. Nur um diese Epochen können also Durchgänge sich ereignen.

139. Besondere Erscheinungen beim Ein- und Austritte der Venus. Als ein merkwürdiger Umstand muß noch erwähnt werden, daß bei Venus-Durchgängen eine Erscheinung sich gezeigt hat, die einigermaßen analog ist mit dem, was bei Sonnenfinsternissen bisweilen beobachtet worden ist (§. 132). Wenn nämlich Venus über den Sonnenrand hineingeht (bei a Fig. 44), so schließt sich das Licht nicht sogleich hinter der Planetenscheibe, sondern es bleibt ein schwarzer Streifen einige Augenblicke zurück, der die Venus mit dem Sonnenrande verbindet, und dem Planeten scheinbar eine birnförmige Gestalt gibt. Ebenso bildet sich bei dem Austritt (bei b) ein schwarzer Streifen zwischen der Venus und dem Sonnenrande, ehe die Berührung zu Stande kommt. Viele Beobachter haben bei dem Durchgange von 1761 dieß gesehen, noch weit mehrere bei dem Durchgange von 1769: dabei ist es aber sehr bemerkenswerth, daß an der Greenwicher Sternwarte Horseley die Erscheinung nicht sah, während sie von Maskelyne und Andern gesehen wurde. Noch merkwürdiger ist folgende Stelle aus dem Berichte von Pingré, der mit Fleurieu, Filière und de Tourés von der französischen Regierung nach St. Domingo geschickt worden war: „Bei dem Austritte der Venus im Jahre 1761, noch ehe die Rän-

Digitized by Google

der sich berührten und wo ein merklicher Zwischenraum dazwischen war, sah ich einen schwarzen Streifen von der Venus sich ausdehnen und den Sonnenrand erreichen; diesen Augenblick nahm ich für die innere Berührung der Ränder an. Viele haben dieses Jahr Aehnliches gesehen bei dem Eintritte: auch von uns wurde das Phänomen erwartet, aber weder ich noch meine Gefährten haben das Mindeste davon wahrnehmen können."

Bei den Mercurs-Durchgängen hat man eine solche Erscheinung noch nicht beobachtet, obwohl zu vermuthen wäre, daß sie eben so gut bei Mercur als bei Venus eintreten müßte.

Behufs einer Erklärung läßt sich blos dasselbe wiederholen, was bereits oben, bezüglich auf die analoge Erscheinung bei Sonnenfinsternissen, gesagt worden ist.

140. Stern- und Planeten-Bedeckungen durch den Mond. Bedeckungen durch die Planeten. Da der Himmel mit Sternen ganz übersäet ist, so kann weder der Mond noch ein Planet am Himmel sich fortbewegen, ohne über eine Menge Sterne hinwegzugehen; indessen sind die meisten so klein, daß die Beobachtung nur mit Fernröhren von außerordentlicher Kraft vorgenommen werden könnte, also wenig Interesse hat. Berücksichtigt man aber blos die größern Sterne, so sind die Bedeckungen durch den Mond selten, jene durch die Planeten gehören zu den allerseltensten Ereignissen.

Sternbedeckungen werden fast ausschließlich zu geographischen Längen-Bestimmungen benutzt, in gleicher Weise wie die Mond- und Sonnenfinsternisse: sie sind aber in dieser Hinsicht von größerem Nutzen, als die eben erwähnten Erscheinungen, theils weil sie häufiger vorkommen, theils weil sie mit großer Präcision beobachtet werden können.

Eine höchst sonderliche und noch ganz unerklärt gebliebene Erscheinung, die bisweilen bei Sternbedeckungen wahrgenommen worden ist, muß ich hier anführen. Wenn der Mondrand einen Stern einholt, so sieht man, wie die Distanz von Secunde zu Secunde abnimmt, bis gerade die Berührung stattfindet: in diesem Augenblicke sollte nun der Stern hinter der Mondscheibe verschwinden; anstatt dessen aber erscheint (in einzelnen Fällen) ein vollkommen deutliches Bild des Sternes vor der Mondscheibe (Fig. 45 bei a) ganz nahe am Rande, bleibt da ein paar Secunden und verschwindet. Meistens nur bei größern Sternen hat man dieß bemerkt, und nur an einzelnen Orten, während anderwärts die Sterne in der gewöhnlichen Weise bedeckt wurden. Deßhalb haben einige Astronomen die Erscheinung in Zweifel ziehen oder einer Unvollkommenheit des Fernrohrs, welches die Strahlen nicht gehörig vereinigt, und die Mondscheibe vergrößert haben soll, beimessen wollen. Die Erscheinung ist jedoch unter zu verschiedenen Umständen gesehen worden, als daß sie dem Beobachter oder dem Fernrohre beigemessen werden könnte. South zählt (von 1699 bis 1821) mehr als 60 beobachtete Fälle und 23 Beobachter auf. Zu den sonst schon hinreichenden Zeugnissen, welche für die Richtigkeit des Phänomens vorliegen, und die versuchte Erklärungsweise nicht zulassen, kann ich auch eine von mir selbst am 23. Oktober 1831 an der Münchner Sternwarte gemachte Beobachtung hinzufügen. Ich sah vollkommen deutlich und mit einem vortrefflichen Frauenhofer'schen Fernrohre, wie der Stern Aldebaran, als er am Mondrande verschwinden sollte, eine ovale Gestalt annahm, dann plötzlich mit ungeschwächtem Lichte vor den Mond trat: er verblieb da, nahe am Rande, nur etwa eine Secunde, und verschwand. Künftige genauere Untersuchung und Beobachtung muß das Räthselhafte der Erscheinung aufklären. Vielleicht wird in einer Beugung des Lichtes, dann in der verschiedenen Beschaffenheit des Terrains am Mondrande, sowohl für dieses Phänomen, als auch für den Lichtkranz und die Licht-

Digitized by Google

punkte, die man bei Sonnenfinsternissen wahrgenommen hat, der Grund sich finden (§§. 132. 133.)

Bei der (sehr selten vorkommenden) Bedeckung der Planeten durch den Mond hat sich die oben beschriebene Erscheinung ebenfalls gezeigt und zwar in der Weise, daß die Planetenscheibe (Fig. 45 bei b) erst ein paar Secunden über den Mondrand hineinzugehen schien (als wenn er zwischen dem Mond und der Erde wäre) und dann verschwand. Daß hier dieselbe Ursache wirkt, wie bei den Sternen, ist offenbar; schwieriger möchte es sein, eben dieser Ursache die beim Austritte bisweilen beobachtete Erscheinung (Fig. 45 bei c) zuzuschreiben, wornach die Planeten-Scheibe sich so darstellt, als wäre sie unvollständig erleuchtet, oder als wäre ein kleines Segment abgeschnitten. Es ist zu wünschen, daß die Beobachter bei künftigen Gelegenheiten besondere Aufmerksamkeit auf das Vorkommen oder Nichtvorkommen dieser Erscheinungen verwenden möchten.

XIII. Sternwarten.

141. Zweck der Sternwarten. Die Ergründung der Naturgesetze ist nicht Sache einfacher Anschauung, sie geht vielmehr nur aus der Zusammenstellung vieler Erfahrungen hervor. Es ist nöthig, die Phänomene verschiedener Welttheile, es ist nöthig, die verschiedenen Epochen der Vergangenheit mit der Gegenwart zu verbinden. Die Ausbildung der Naturwissenschaften ist also nicht das Werk oder die Aufgabe eines einzigen Individuums, nicht eines einzigen Menschenalters. In der Astronomie insbesondere können nur vereinte Kräfte — und nachhaltig fortarbeitende Kräfte — uns zum Ziele führen. Im Alterthume waren hiezu nirgends die Bedingungen vorhanden. Die fast unübersteiglichen Hindernisse der Communication sperrten die Völker von einander ab, und bei den beschränkten Mittheilungswegen, die man vor der Erfindung der Buchdruckerkunst kannte, gingen die Erfahrungen des Einen wohl nur zum geringsten Theile auf Andere oder auf die Nachwelt über. Auch war nirgends für nachhaltiges Wirken gesorgt. Endlich waren die Forschungswege selbst größtentheils nicht geeignet, einen günstigen Erfolg herbeizuführen. Diese mannigfaltigen Hindernisse des Fortschreitens gänzlich zu beseitigen, gelang erst der neuern Zeit. In dem Maße aber, als man tiefer in die Wissenschaft eindrang, stellte sich die Nothwendigkeit kostbarer Hülfsmittel und ununterbrochener Beobachtung heraus. Die Astronomie, durch diese Verhältnisse aus dem Kreise wissenschaftlicher Privatbeschäftigungen hinausgerückt, fand die Gunst der Fürsten, und zog die öffentliche Aufmerksamkeit an. In wie ferne in den ersten Zeiten astrologische Rücksichten und unbestimmte Erwartung von Enthüllungen, die mit dem Schicksale der Menschen und den Verhältnissen des Lebens zusammenhängen möchten, in wie ferne später die Förderung der Schifffahrt, und in wie ferne edler und uneigennütziger Eifer für die Ausdehnung des menschlichen Wissens daran Theil gehabt haben mag, will ich hier nicht untersuchen; kurz, es erhob sich eine Sternwarte nach der andern, wetteifernd an Größe der Hülfsmittel und Zweckmäßigkeit der Einrichtung, und so besitzt gegenwärtig die Astronomie ein stehendes Heer auserwählter Streitkräfte, die, ausgebreitet über alle Welttheile, und eng mit einander verbündet, die Bewegungen des Himmels be-

Digitized by Google

wachen, und mit ähnlichen Hülfsmitteln von verschiedenen Punkten her alle demselben — freilich noch sehr entfernt liegenden — Ziele sich nähern.

142. Beschreibung einer Sternwarte; Beobachtungen. Eine Sternwarte bietet immerhin dem minder Eingeweihten einen eigenthümlichen Anblick dar, und macht gewissermaßen einen magischen Eindruck, in so ferne als man vom Anfange schwer begreift, wie die sonderlichen Einrichtungen, die man da sieht, mit dem zu erreichenden Zwecke zusammenhängen. Es wird deßhalb vielleicht willkommen sein, wenn ich, um das Verständniß zu erleichtern, hier einige Erklärung beifüge.

Zwei Bedingungen sind vor Allem bei einer Sternwarte zu berücksichtigen, Festigkeit und freie Aussicht. Um ersterer Bedingung zu genügen, hat man die früher gewöhnlichen hohen Bauten oder astronomischen Thürme beseitigt, und die meisten Sternwarten erheben sich heutzutage kaum mehr als ein oder zwei Stockwerke über den Boden: diejenigen Instrumente, die besondere Festigkeit erfordern, können nur zu ebener Erde aufgestellt werden. Die freie Aussicht sucht man durch die Lage des Gebäudes zu erlangen. Noch vor ungefähr 30—40 Jahren, als ein besonders reges Leben in der Astronomie sich eben entwickelte, hat man durchgängig größere Anhöhen in einiger Entfernung von den Städten zur Errichtung von Sternwarten gewählt; indessen führte die Absonderung manche persönliche Unbequemlichkeit für den Astronomen herbei, und in neuester Zeit hat sich das Streben fast allgemein und zwar mit Erfolg kundgegeben, die freie und ungetrübte Aussicht mit möglichst geringer Entfernung von der Stadt zu verbinden.

An einem Sternwartgebäude bemerkt man zuvörderst, daß es nach den Himmelsgegenden gestellt ist; am Ost- und Westende befinden sich gewöhnlich die Wohnzimmer, dazwischen der Theil, von wo aus beobachtet wird. Eine schmale, durch Klappen verschließbare Oeffnung, etwa ein paar Fuß breit, durchschneidet diesen Theil — Dach und Wände — von Norden nach Süden. Sieht man bei der Nacht durch die Oeffnung von innen heraus, so bemerkt man einen Stern nach dem andern über die Oeffnung gehen, und zwar mit verschiedener Schnelligkeit: die südlichen Sterne, in der Nähe des Aequators, gehen am schnellsten; die nördlichen, die kleinere Kreise beschreiben, immer langsamer bis zum Polarstern, der unbeweglich das ganze Jahr durch die Oeffnung wahrzunehmen ist. Vom Polarstern bis zum nördlichen Horizont herab, sieht man die Sterne, die ober dem Pole nach Westen gegangen waren, wieder nach Osten zurückkehren.

Indem das Himmelsgewölbe langsam sich dreht, kommt jeder Stern zu seiner bestimmten Zeit an die Oeffnung; jeder Stern hat dabei seine bestimmte Höhe über dem Horizont. Die Zeit und die Höhe sind es nun, die der Beobachter aufzuzeichnen hat; die Zeit nach einer genauen Uhr, die Höhe nach einem in Grade getheilten Kreise oder Kreisbogen. Die Uhr geht nach Sternzeit, und zeigt nicht 12, sondern 24 Stunden. Wenn der Frühlingspunkt am Himmel gerade über die Oeffnung geht, so muß die Uhr auf 24 zeigen. Da unterdessen am Frühlingspunkte selbst kein ausgezeichneter Stern ist, so wird die Uhr durch eine Anzahl großer Sterne — Normalsterne*) — controllirt, deren Entfernung vom Frühlingspunkte aus vielen und genauen Beobachtungen bekannt ist. So z. B. muß die Uhr 1^h 57′ zeigen, wenn der Stern α im Widder; 4^h 26′, wenn α im Stier; 6^h 37′, wenn Sirius u. s. w. über die Oeffnung

*) Ein Verzeichniß der Normalsterne findet man am Ende Tab. IX.

Digitized by Google

gehen. Die Controle der Uhr bildet einen Theil der täglich an einer Sternwarte vorzunehmenden Arbeiten.

Bei allen Sternbestimmungen geht der Astronom von der einfachen Vorstellung aus, daß das Himmelsgewölbe eine hohle Kugel sei, die sich in 24 Stunden (Sternzeit) um den Nord- und Südpol herumdreht, und an deren innerer Fläche jeder Fixstern seinen bestimmten Platz habe. Diesen Platz bezeichnet er, wie oben gesagt wurde, durch die Zeit des Meridian-Durchganges, und durch die Höhe über den Horizont, oder was gleichbedeutend, aber für die Rechnung geeigneter ist, durch die Poldistanz, d. h. durch den Bogen, der zwischen dem Polarstern — eigentlich dem Pole — und dem beobachteten Sterne inzwischen liegt.

143. Theoretische Benützung der Beobachtungen. Es ist zunächst zu erklären, wie diese Beobachtungsweise dem Zwecke astronomischer Untersuchung genüge. Ich muß nun gleich eine Bemerkung vorausschicken, die zum Verständnisse den Weg bahnen wird. Wenn im gewöhnlichen Leben von dem Orte irgend eines Körpers die Rede ist, so versteht man immer den Punkt des Raumes, wo er sich befindet: der Astronom im Gegentheile versteht unter Ort eines Gestirns nicht den Punkt des Himmelsraumes, wo es sich befindet, sondern blos die Richtung, in welcher es von der Erde aus gesehen wird. Die Entfernung fällt ganz aus der Betrachtung weg. Die Richtung wird aber, wie wir eben gesagt haben, auf das Himmelsgewölbe bezogen. Dieß vorausgesetzt, will ich durch ein paar Beispiele die Verbindung von Theorie und Beobachtung zu erklären suchen. Im Jahre 1846 entdeckte Galle in Berlin, durch die Berechnungen Leverrier's geleitet, einen beweglichen Stern am Himmel, den man sogleich als Planeten erkannte, und später mit dem Namen Neptun belegt hat. Die ersten auf der Göttinger Sternwarte angestellten Meridian-Beobachtungen ergaben Folgendes:

		Meridian-Durchgang			Poldistanz		
1846.	Sept. 27.	21.h	52′.	58″,39	103°.	25′.	54″,0
	Oct. 6.	21.	52.	20,84	103.	29.	6,0.
	Oct. 10.	21.	52.	6,71	103.	30.	17,8.

Man sieht sogleich, daß der Stern von Tag zu Tag seinen Ort ändert. Es fragt sich nun, wo er in der Wirklichkeit sich befindet, und welchen Weg er macht. Nach den ursprünglichen Andeutungen Leverriers hätte er jenseits des Uranus, 36 Sonnenweiten entfernt, um die Sonne sich bewegen sollen unter den sonst durch das Gravitations-Gesetz vorgeschriebenen Bedingungen. In dieser Voraussetzung berechnete man, wie viel seine Richtung, von der Erde aus gesehen, von einem Tage zum andern sich hätte ändern sollen, und die so berechnete Bewegung stimmte mit den obigen Beobachtungen nicht überein. Man erkannte vielmehr sogleich, daß man seine Entfernung zu groß angenommen habe, und daß sie auf 30 Sonnenweiten zu vermindern sei. Die Rechnung, in dieser Voraussetzung durchgeführt, schloß sich der Beobachtung in ganz befriedigender Weise an: unterdessen war der vom Planeten zurückgelegte Weg noch zu kurz, um etwas Entscheidendes herauszubringen. Aus einem ganz kleinen Theile der Bahn kann man begreiflicher Weise nicht mit Sicherheit auf die ganze Bahn schließen. So wäre weiter nichts zu thun gewesen, als den Erfolg späterer Beobachtungen ruhig abzuwarten: glücklicher Weise fand inzwischen Professor Walker in Washington, indem er die von Lalande in Paris i. J. 1795 beobachteten Sterne untersuchte, daß darunter auch der Planet Neptun vorkommt, der von Lalande (weil er ihn weiter nicht verfolgt hatte) als ein Fixstern aufgezeichnet worden war, und zwar wird sein Ort so angegeben:

Digitized by Google

	Meridian-Durchgang	Poldistanz
1795 Mai 10.	14^h 11′. 46″,3	101°. 19′. 38″.

Mit der oben bezeichneten Kreisbahn rechnete man nun zurück, in welcher Richtung Neptun am 10. Mai 1795 hätte gesehen werden sollen, und es zeigte sich eine große Abweichung zwischen dem berechneten und beobachteten Ort. Aus der Vergleichung schloß man, daß Neptun nicht einen Kreis um die Sonne, sondern eine vom Kreise etwas abweichende — eine elliptische — Bahn beschreibt, ungefähr wie es bei den übrigen Planeten der Fall ist. Die Bestimmungsstücke finden sich in der allgemeinen Zusammenstellung (Tab. III. am Ende): die Umlaufszeit ist hiernach 166 Jahre. Damit ist man nun der Wahrheit näher gerückt, aber noch viel bleibt zu thun übrig. Für's Erste sind die Störungen noch zu berechnen, welche die übrigen Planeten an der Bahn des Neptun hervorgebracht haben, und die den gewöhnlichen Betrag wahrscheinlich weit übersteigen, weil seine Umlaufszeit (166 Jahre) sehr nahe doppelt so groß ist, als die des Uranus (84). Ohne Zweifel wird man hiernach die Grundform der Bahn beträchtlich modificiren müssen. Für's Zweite gibt es aber noch einen wesentlichen Umstand zu berücksichtigen. Es ist nämlich die Beobachtung von Lalande nicht sehr genau, die neuen Beobachtungen erreichen ebenfalls nur den Grad von Genauigkeit, den unsere Einrichtungen zu geben im Stande sind; was aber an der Genauigkeit der Beobachtungen fehlt, muß durch die größere Anzahl derselben ersetzt werden und so ist man wegen sicherer Bestimmung der Neptuns-Bahn auf die Zukunft verwiesen, und darf sich Glück wünschen, wenn sie nach 50jähriger Beobachtung so genau bekannt ist, als wir gegenwärtig die Bahnen der älteren Planeten kennen.

Der Weg, den ich eben für die Bestimmung der Neptuns-Bahn bezeichnet habe, mußte bei jedem Planeten befolgt werden, und wenn man das, was von der Mangelhaftigkeit der neuern wie der ältern Beobachtungen oben erwähnt wurde, in Betracht zieht, so wird man sich nicht wundern, wenn ich sage, daß ungeachtet aller bisherigen Arbeit man überall nur eine Annäherung an die Wahrheit, nirgends eine Vollendung erreicht hat.

Ein und zwanzig Planeten, nebst einem zahlreichen Gefolge von Monden, kennen wir schon, und, nach dem bisherigen Verlaufe der Forschung zu urtheilen, ist die Entdeckung mehrerer noch in Aussicht gestellt. Man sieht, daß das Planetensystem allein den Astronomen eine Arbeit darbietet, deren Ende noch gar nicht abzusehen ist. Geht man aber vom Planetensystem auf das allgemeine System der Fixsterne über, so eröffnet sich, im strengsten Sinne des Wortes, ein unermeßliches Feld. Wird ein Planet entdeckt, so ist ihm in wenigen Tagen schon ein bestimmter Rang angewiesen, und man kann wenigstens näherungsweise seine Verhältnisse zu dem Ganzen bezeichnen. Bei den Fixsternen dagegen sind wir erst dahin gekommen, mit Bestimmtheit eine Bewegung überhaupt zu erkennen, ohne auch nur eine gegründete Vermuthung darüber aussprechen zu können, in welcher Bahn irgend einer um den Mittelpunkt des Universums sich bewegt. Viel länger fortgesetzte, viel genauere Beobachtung der Sterne ist nöthig, um die Verhältnisse einzelner zu ergründen. Wenn ich noch beifüge, daß man von den Millionen Sternen, die mit unsern gegenwärtigen Hülfsmitteln wahrzunehmen sind, im Ganzen nicht viel über 100000 überhaupt bisher beobachtet hat, so ist damit die Aufgabe der Astronomie ihrer Ausdehnung und ihrer gegenwärtigen Stellung nach genügend bezeichnet.

144. Meridian-Instrumente. Ich komme auf die in §. 142. begonnene, aber unvollendet gelassene Beschreibung einer Sternwarte wieder zurück, um das Wesentlichste noch nachzutragen. Wenn ich daselbst gesagt habe, daß

Digitized by Google

man über den Meridian-Ausschnitt einen Stern nach dem andern vorbeiziehen sehe, und mit der Zeit und Höhe des Durchganges zunächst sich beschäftige, so bedarf es kaum der Erinnerung, daß ich mittelst solch einfacher Darstellung nur die Beobachtungsweise habe erklären wollen. Es versteht sich für's Erste wohl von selbst, daß man nicht mit freiem Auge, sondern mit einem Fernrohre durch die Meridian-Oeffnung hinaussieht, und dieses mit einem Kreise verbindet, um die Höhe der Sterne (oder ihre Poldistanz) abzulesen: man wird ferner leicht begreifen, daß die Durchgänge nicht nach der Oeffnung zu beurtheilen sind, sondern in viel schärferer Weise bestimmt werden müssen. Zu diesem Zwecke gibt man dem Fernrohre eine Axe, so daß es — durch die Oeffnung zeigend — einen Bogen genau über die Mitte des Himmels beschreibt. Man stellt im Fernrohre selbst die Meridianlinie durch einen feinen Faden vor, über welchen das Bild des Sterns sich bewegt, und fügt noch andere Fäden bei, um sicherer den Durchgang über die Meridianlinie zu beurtheilen: endlich läßt man das Fernrohr mit seinem Kreise von eigenen, isolirten Grundpfeilern — die mit den Mauern des Gebäudes in keiner Berührung stehen — tragen, um jede Erschütterung oder Aenderung zu verhindern. Kurz, Alles ist darauf berechnet, die höchste mechanische Vollendung mit der größten Sicherheit des Standes der Instrumente zu vereinigen. Ich füge nur noch hinzu, daß, außer der Festigkeit und Vollkommenheit der Einrichtungen selbst, der Erfolg der Beobachtung wesentlich noch davon abhängt, daß der Astronom alle Theile bis ins kleinste Detail — das Fernrohr, den Kreis, die Axe, das Fadennetz, die Unveränderlichkeit der Pfeiler — zum Gegenstande jener sorgsamen, Alles umfassenden Untersuchung macht, wovon außer der Astronomie wohl nirgends im ganzen Bereiche der Wissenschaft ein Beispiel zu finden ist.

Die Einrichtungen der Instrumente sind nicht überall ganz gleich. In den britischen Sternwarten trifft man immer — neben einander und mit einander parallel — zwei Meridian-Oeffnungen an. Unter der einen Oeffnung hat man ein Fernrohr, um blos die Zeit des Durchganges zu beobachten — Mittagsrohr — unter der andern einen mit einem Fernrohre versehenen Kreis, um blos Höhen zu bestimmen — Höhenkreis oder Manerkreis. — In Deutschland finden wir Mittagsrohr und Kreis in der Regel zu einem Instrumente vereinigt, welches Meridiankreis genannt wird: jedoch gibt es einzelne Sternwarten, wo Durchgänge eigens und Höhen eigens beobachtet werden. Auch Durchschnitte von Ost nach West sind zu besondern Zwecken und mit großem Erfolge angewendet worden.

145. Refractoren. Die Meridian-Beobachtungen bilden die Grundlage der Astronomie, und nehmen, was wissenschaftliche Wichtigkeit betrifft, jedenfalls den ersten Rang ein, sind übrigens nicht für sich allein ausreichend, sämmtlichen Zwecken zu genügen. Der Astronom bedarf noch eines Fernrohrs, wo möglich von großer optischer Kraft — eines Refractors —, womit er nicht blos im Mittag, sondern nach allen Richtungen hinaussehen, die Gestalt und Oberflächen der Planeten untersuchen, die Stellung der Doppelsterne gegen einander messen, die Kometen, Sternhaufen und Nebelflecken beobachten kann. Während die Meridian-Instrumente immer zu ebener Erde, der Festigkeit der Grundpfeiler wegen, ihren Platz haben, stellt man die Refractoren gewöhnlich höher, als das übrige Gebäude unter drehbaren Kuppeln auf. Sie sind mit Micrometern versehen, um überhaupt die gegenseitige Stellung zweier, wenig von einander entfernter, also zu gleicher Zeit im Felde sichtbarer Punkte zu bestimmen. So kann man damit die Stellung der auf den Planetenscheiben bemerkbaren Flecken messen, und daraus die Schnelligkeit der Axendrehung ab-

Digitized by Google

leiten; eben so wird die Stellung der Satelliten gegen die Planeten bestimmt, und daraus die Satelliten-Bahnen berechnet. Mit ähnlichem Zwecke beobachtet man Doppel- und mehrfache Sterne. Ueberhaupt ist bei dem Astronomen Beobachten und Messen gleichbedeutend: eine bloße Beschauung des Himmels hat keinen wissenschaftlichen Werth.

146. Ausführung astronomischer Arbeiten. Ich kann hier eine Bemerkung nicht unterdrücken, die ich schon oft zu machen Gelegenheit gehabt habe. Bei einem großen Theile derjenigen, die mit den Arbeiten astronomischer Anstalten wenig vertraut sind, bildet sich die Vorstellung aus, als sei das Beobachten der Gestirne eine Beschäftigung, die ungemein die Phantasie anrege, und erhabene Ideen hervorrufe. Ich glaube sogar, daß populäre Schriftsteller hie und da durch eine etwas poetische Darstellung das Interesse des Publikums astronomischen Arbeiten auf solche Weise zuzuwenden gesucht haben. Ich kann übrigens den geneigten Leser versichern, daß es kein Geschäft gibt, welches weniger mit der Thätigkeit der Phantasie zu thun hat, als astronomische Beobachtungen. Wer bis spät in die Nacht an einem Mittagsrohre sitzt, und einen Stern nach dem andern, wie sie in schneller Reihenfolge vorübergehen, aufzeichnet, hat wohl seine ganze Aufmerksamkeit dieser Arbeit, wenn sie der Wissenschaft nützen soll, zuzuwenden, und wird weder Zeit noch Lust haben, sich mit Bewunderung der Pracht des gestirnten Himmels und andern daran sich knüpfenden Ideen abzugeben. Eben so wenig bieten die Messungen, die mit Refractoren vorgenommen werden, hiezu Stoff oder Gelegenheit dar; eben so wenig die weitläufigen astronomischen Rechnungen, wodurch man Beobachtung und Theorie in Verbindung bringt. Zur weitern Erläuterung wollen wir einen Blick in das Innere der britischen Hauptsternwarte (in Greenwich bei London) werfen. Da sieht man im Rechnungszimmer den Tag hindurch, und zwar regelmäßig einen Tag wie den andern, den Astronomen mit fünf bis sechs Gehülfen, jeder in stiller Aufmerksamkeit an seinem Tische beschäftigt, — in dem daran stoßenden Beobachtungs-Saale erblickt man einen Assistenten am Mittagsrohre, und einen zweiten am Mauerkreise, wie sie die vorgeschriebenen Beobachtungen fortsetzen, bis sie von andern abgelöst werden —; nicht weit davon im magnetischen Hause findet man wieder einen Assistenten, der die Bewegungen der Magnetnadel in regelmäßiger Abwechslung bewacht. Wer nicht wüßte, daß es hier um wissenschaftliche Forschung sich handle, würde im Mindesten nicht zweifeln, daß das Rechnungszimmer ein Comptoir sei, und hier ein großes mercantilisches Geschäft bestehe In der That ist nie ein mercantilisches Geschäft mit größerer Regelmäßigkeit und strenger eingehaltener Ordnung geführt worden, als die Greenwicher Sternwarte unter dem jetzigen Vorstande: von poetischer Annehmlichkeit der astronomischen Arbeiten ist wohl nicht die leiseste Spur zu bemerken. Ich brauche den Erfolg nicht zu erwähnen, der Bewunderung verdient, man mag den Theil berücksichtigen, der mehr mechanische Anstrengung voraussetzt, oder den Theil, der eigene Thätigkeit und unmittelbare Leitung des Astronomen fordert. Ich führe übrigens das Greenwicher System nur als Extrem an: fast überall sonst ist eine andere Stellung der Mitarbeitenden und freiere Thätigkeit eingeführt.

Wenn ich im Vorhergehenden der Beobachtung der Gestirne jede Beziehung zur Phantasie abgesprochen habe, so wollte ich damit nicht etwa sagen, daß astronomische Arbeiten keinen Reiz hätten. Ich glaube, daß es keine Wissenschaft gibt, welche mit gleicher Macht wie die Astronomie den menschlichen Geist erfaßt, und gleiche Ausdauer und Anstrengung hervorruft. Die Geschichte weist eine große Menge bewunderungswürdiger Beispiele nach, wo Vortheil, Ruhe, Lebensgenuß von dem einmal erwählten Ziele nicht abhalten konnten. Was

Digitized by Google

aber dabei den Reiz gewährt, ist nicht die Arbeit selbst, sondern die stets vor Augen schwebende Aussicht auf Ergründung der Naturgesetze, und Ausdehnung des menschlichen Wissens.

147. Kosten einer Sternwarte. Fassen wir das zusammen, was oben von Sternwarten gesagt worden ist, so erscheint eine Sternwarte im Grunde als eine sehr einfach eingerichtete Anstalt: drei Instrumente, eine Uhr, ein Meridiankreis und ein Refractor bilden die ganze nothwendige Einrichtung: ich sage nothwendige Einrichtung, weil mancherlei besondere Untersuchungen sonst mit der Astronomie verknüpft sind, oder vereinigt werden können, die eigene Instrumente erfordern. Man möchte vielleicht hiernach geneigt sein, anzunehmen, daß die Kosten einer Sternwarte nicht bedeutend sein könnten: wenn man aber bedenkt, daß eine Uhr etwa auf 700 Gulden, ein Meridiankreis auf 4000 bis 10000 Gulden, ein Refractor auf 15000 bis 42000 Gulden kommt, so wird man leicht begreifen, daß bei ganz einfacher Einrichtung ein Sternwartgebäude und Instrumente nicht unter 100000 Gulden hergestellt werden können. Dazu kommen dann die Unterhaltungskosten, die hauptsächlich von dem mehr oder minder zahlreichen Personale abhängen: in dieser Hinsicht besteht jedoch so viele Verschiedenheit, daß man nicht wohl einen Anschlag im Allgemeinen angeben kann. Ich will aber, um von den bestehenden Verhältnissen einen Begriff zu geben, die Bau- und Unterhaltungskosten mehrerer Sternwarten hier anführen.

Obenan verdient mit Recht die Riesenanstalt gestellt zu werden, welche der Kaiser Nikolaus von Rußland, bekannt durch großartige Förderung der Astronomie, auf der Berganhöhe Pulkowa bei Petersburg hat errichten lassen. Der ganze Berg bildet die Sternwarte, die übrigens nicht als eine Sternwarte, sondern als eine astronomische Colonie bezeichnet werden sollte. Das Hauptgebäude, durch architectonische Pracht wie durch innere Zweckmäßigkeit und Eleganz ausgezeichnet, hat eine Ausdehnung von 230 Fuß, von Ost nach West, und 172 von Nord nach Süd, und enthält außer Wohngebäuden, Stallungen, Bädern, kurz allen zum Leben und zur Bequemlichkeit gehörigen Einrichtungen, 3 Säle mit großen Meridian-Instrumenten, einen Saal für Beobachtungen im ersten Vertical (von Ost nach West), 3 Kuppeln mit großen Fernröhren (darunter ein Refractor von 14 Zoll Objectiv-Oeffnung und 21 Fuß Länge), fünf astronomische Uhren, drei Chronometer, acht größere tragbare Meß-Instrumente, nebst einer Menge kleinerer Instrumente, endlich eine eigene mechanische und eine Tischler-Werkstätte, welche den Zweck haben, den Instrumenten-Vorrath zu vervollständigen und in Stand zu halten. Das ständige Personal besteht aus einem Director (gegenwärtig Staatsrath Struve), vier Astronomen, einem Inspector, einem Mechaniker, Militärwache u. s. w. Es sind übrigens außer den ständigen Astronomen bei den astronomischen Arbeiten sieben andere Individuen angestellt. Die Baukosten betrugen 600000 Silberrubel (etwas über 1 Million Gulden). Die Ausgaben für Instrumente finde ich nicht ausgesetzt, jedoch können die Hauptinstrumente nach den bekannten Preisen auf 120000 Gulden geschätzt werden. Die jährlichen Ausgaben betragen für das ständige Personal 29200, für wissenschaftliche Bedürfnisse 12000, für Bücher 1000, für Unterhaltung der Sternwarte 20000 Silberrubel; im Ganzen also 62200 Silberrubel oder ungefähr 114000 Gulden. Hiezu ist noch zu bemerken, daß im russischen Reiche außer der Hauptsternwarte 9 andere große Sternwarten bestehen.

Zunächst an die Russische Hauptsternwarte muß man die britische in Greenwich bei London anreihen, obwohl, was das Aeußere betrifft, ein größerer Contrast nicht leicht gedacht werden kann. Den Kern der Sternwarte bildet ein kleiner Bau, den Flamsteed im Jahre 1676 aufgeführt hat. An

Digitized by Google

diesen ist von den spätern Astronomen, wie es eben das Bedürfniß erforderte, bald da, bald dort ein neuer Anbau — Wohnzimmer und Beobachtungs-Säle — angefügt worden, wobei unter den verschiedenen Rücksichten die Symmetrie und sonstige architectonische Anordnungen wohl am wenigsten Beachtung gefunden haben. Von dem Innern der Beobachtungs-Säle kann man auch kaum sagen, daß sie mehr Eleganz entwickeln, als dem Aeußern gerade entspricht; aber den Augen des Kenners bieten sie einen höchst interessanten Anblick dar. Außer den mit aller praktischen Zweckmäßigkeit aufgestellten Instrumenten neuer Construction, womit jetzt die Beobachtungen gemacht werden, sieht man als Trophäen an den Wänden alle jene Hülfsmittel aufbewahrt, welche zur ursprünglichen Begründung und Förderung einer richtigen Kenntniß des Himmels so wesentlich beigetragen haben, und deren Geschichte Jedem noch von der Zeit her bekannt ist, als er in die Astronomie eingeführt wurde. Hier sieht man Flamsteed's Sextanten, womit das erste genauere Sternverzeichniß entworfen wurde; den Sextanten, den Halley gebraucht hat; das Passage-Instrument, womit Bradley, wohl der größte Beobachter, den die vergangene Zeit aufzuweisen vermag, seine Beobachtungen anstellte; den Quadranten, den derselbe Astronom mit eigener Hand getheilt, und womit er die Aberration der Fixsterne, und das Schwanken der Erdaxe entdeckt hat; außerdem so vieles Andere, die verschiedenen Stufen bezeichnend, welche seit anderthalb Jahrhunderten durchgemacht werden mußten, bis man zum jetzigen Systeme nach und nach gelangte.

Da ich oben bereits von den Einrichtungen der Sternwarte Einiges erwähnt habe, so beschränke ich mich darauf, hier noch beizufügen, daß die ständigen Ausgaben etwa auf 40000 Gulden jährlich sich belaufen, ohne die magnetischen Beobachtungen, welche jährlich 14000 Gulden (mit Einschluß der Druckkosten) erfordern. Uebrigens werden fast immer besondere Arbeiten ausgeführt, und dazu eigene Summen bewilliget: so fand ich im Jahre 1844 ein eigenes Rechnungsbureau eingerichtet zur Reduction der Mond- und Planeten-Beobachtungen seit Bradley, ein Unternehmen, wozu die Regierung ungefähr 36000 Gulden angewiesen hatte.

Deutschland besitzt aus leicht begreiflichen Gründen keine Sternwarte, welche an Größe der Hülfsmittel den vorhin erwähnten gleich käme, wohl aber eine bedeutende Anzahl trefflich eingerichteter Anstalten, und mitunter solche, die an Wirksamkeit den größten vielleicht wenig nachstehen. Ich hätte gewünscht, bezüglich auf die eine oder andere nähere Angaben hier beifügen zu können, um von den Herstellungs- und Unterhaltungskosten einen Begriff zu geben; da aber von keiner solche Angaben, soweit mir bekannt, veröffentlicht worden sind, so wähle ich die Sternwarte in Brüssel als eine von mittlerem Range. Sie besitzt theils von französischen, theils von englischen Künstlern die Instrumente, welche für die Beobachtungen gehören, und ist bis zu ihrer Vollendung ungefähr auf 86000 Gulden gekommen*). Außer dem Vorstande ist nur ein Beobachter ständig

*) Das Gebäude hat 62000 fl. gekostet: der Mauerkreis, der Meridiankreis und das Aequatorial kamen auf 24000 fl., später kam ein Refractor und viele kleinere Instrumente dazu, deren Preise mir nicht bekannt sind. Die Herstellungskosten der Münchener Sternwarte, welche an Räumlichkeit der Brüsseler nachsteht, waren wie folgt:

Gebäude	47000	Gulden.
Drei Meridian-Instrumente . . .	12000	„
Refractor	21000	„
Kleinere Instrumente, Uhren u. s. w. ungefähr . .	3000	„
zusammen	83000	„

Die Kosten der magnetischen Einrichtungen, die größtentheils nur als temporär zu betrachten sind, können nicht füglich zu den Herstellungskosten der Sternwarte gerechnet werden.

Digitized by Google

angestellt. Die von der Deputirtenkammer zugewiesene Dotation beläuft sich gegenwärtig auf 26000 Franken (nahe 12000 Gulden). Seitdem die stündlichen magnetischen Beobachtungen gemacht werden, sind drei Gehülfen beigegeben, für welche eine eigene Summe bewilligt worden ist.

148. Verzeichniß europäischer Sternwarten. Ich lasse nun ein Verzeichniß europäischer oder von europäischen Staaten gegründeter Sternwarten folgen:

1. Deutschland und unter deutschen Regenten stehende Länder:

Sternwarten mit vorzüglichen Meridianinstrumenten und Refractoren: Berlin, Bonn, Königsberg, München (Bogenhausen).

Sternwarten mit vorzüglichen Meridianinstrumenten: Göttingen, Hamburg, Kremsmünster, Mannheim, Mailand, Ofen, Padua, Prag, Seeberg, Wien.

Sternwarten von minder vollständiger Einrichtung: Breslau, Cracau, Halle, Jena, Leipzig, Marburg, Speier, Tübingen, Venedig.

Privatsternwarten: Senftenberg (Freiherrn von Senftenberg gehörig).

2. Frankreich: die Sternwarte in Paris hat vorzügliche Meridianinstrumente, und soll einen großen Refractor erhalten: die Sternwarten in Marseille und Nismes sind nur sehr mittelmäßig ausgestattet.

3. Großbritannien und seine Colonien. Vollständig eingerichtete Sternwarten: Greenwich, Oxford, Cambridge, Capstadt (Cap d. g. H.).

Vortrefflich für Meridianbeobachtungen eingerichtet sind: Armagh, Edinburg, Glasgow, Madras, Trevandrum, Paramatta; St. Helena, einige Zeit sehr thätig, ist nun gänzlich aufgegeben.

Minder vollständige Anstalten: Dublin, Liverpool (wird jetzt auch mit einem Refractor versehen).

Thätige Privatsternwarten: Makree in Irland (Cooper), London, Regents-Park (Bishop), Makerstoun (Sir Th. Brisbane), Cranbrook (Dawes), Starfield bei Liverpool (Lassel), Kensington bei London (Sir J. South), Bedford (Smyth), Hartwell (Dr. Lee), Bushy Heath (Wrottesley). Es wären noch mehrere hier zu nennen, von denen mir jedoch nicht bekannt ist, ob sie noch in Stand erhalten werden.

4. Italien: vorzügliche Sternwarten: Neapel, Palermo, Rom; — wenig bekannt: Florenz, Modena, Parma, Turin.

5. Schweiz: Genf (ziemlich vollständig eingerichtet), Bern.

6. Spanien: Cadix.

7. Niederlande: Leiden (vortrefflicher Refractor), Utrecht (in Verfall gekommen).

8. Belgien: Brüssel.

9. Dänemark: Altona, Kopenhagen.

10. Norwegen: Christiania.

11. Schweden: Stockholm, Upsala.

12. Rußland: Pulkowa, Abo, Charcow, Dorpat, Helsingfors, Kasan, Kiew, Moskau, Nicolajew, Petersburg, Warschau.

13. Griechenland: Athen.

149. Amerikanische Sternwarten. Außer den vorhergehenden in Europa oder durch europäische Staaten gegründeten Sternwarten gab es auf dem ganzen Erdumkreise vor ungefähr 10 Jahren keine der Astronomie gewidmete Anstalt. Erst in der allerneuesten Zeit ist in Amerika der Eifer für

Digitized by Google

astronomische Forschung erwacht und zwar in solchem Grade, daß, wenn noch ein paar Decennien in demselben Sinne fortgefahren wird, die Amerikaner uns Europäern den Vorrang abgewonnen haben werden. Unter denjenigen, welche zu dieser ungewöhnlichen, mit den sonstigen Tendenzen der nordamerikanischen Freistaaten so wenig harmonirenden Anstrengung beigetragen haben, nenne ich vorzugsweise den Astronomen Mitchel von Cincinnati. Ursprünglich in der Militärakademie in Westpoint erzogen, und längere Zeit als Offizier in verschiedenen Zweigen der Armee beschäftiget, trat er vom öffentlichen Dienste frühzeitig zurück, und siedelte sich in der neu entstehenden Stadt Cincinnati an, wo er eine kleine Fabrik besaß. Vorlesungen, die er einem Vereine seiner Mitbürger im Laufe des Winters über Astronomie gab, wurden Veranlassung zur Gründung einer astronomischen Gesellschaft, die sich zum Zwecke machte, eine Sternwarte mit einem großen Refractor herzustellen, und, mittelst jährlicher Beiträge der Mitglieder, die dazu nöthigen Fonds zu sammeln. Im Jahre 1842 kam Mitchel nach Europa herüber, machte sich in Greenwich mit dem Gebrauche astronomischer Instrumente genau vertraut, und erwarb von dem optischen Institute in München einen Refractor von $10^1/_2$ pariser Zoll Objektivöffnung um 21000 Gulden. Damit waren die vorhandenen Geldmittel aufgezehrt, und nicht ohne einige Schwierigkeit konnten neue Beiträge gesammelt werden, um ein Sternwartgebäude aufzuführen. Zu letzterem hatte die Stadt Cincinnati einen geeigneten Bauplatz unentgeldlich angewiesen mit der Bedingung, daß die Schenkung als zurückgenommen zu betrachten sei, falls der Bau innerhalb eines bestimmten Termins nicht vollendet sein sollte. Der Bau wurde unter der thätigen Leitung Mitchel's angefangen, aber die Mittel waren bald erschöpft, und alle Bemühungen vermochten nicht, neue Fonds zusammenzubringen. Da sah sich Mitchel genöthigt, nicht blos nach und nach sein ganzes Vermögen zum Opfer zu bringen, sondern auch zuletzt persönlich Hand ans Werk zu legen: seiner eigenen Erzählung zufolge führte er selbst, während des Sommers 1844, Ziegel und Mörtel zum Baue herbei! So wurde dennoch die Sternwarte innerhalb des gesetzlichen Termins zur Vollendung gebracht, und der Ertrag populärer Vorlesungen, die Mitchel in verschiedenen Städten der Union, während des Winters 1844—45 gab, setzte ihn in den Stand, sich den Arbeiten der Sternwarte ferner zu widmen. So groß war seine Anhänglichkeit an die von ihm begründete Anstalt, daß er, um sie nicht verlassen zu müssen, eine ihm angetragene Professur an der Universität Boston ablehnte. Unterdessen erwachte wieder die Theilnahme seiner Mitbürger, und die Sternwarte, jetzt mit allen nöthigen Hülfsmitteln versehen, ist in bester Thätigkeit begriffen. So hat ein glänzender Erfolg zuletzt die beharrlichen Anstrengungen dieses außerordentlichen Mannes gekrönt.

Es ist nicht unmöglich, daß Mitchel's Bemühungen verschiedene Beurtheilung finden werden, denn man trifft nicht selten Männer an, welche den Fortschritten der Wissenschaft, die ihnen ohne so besondere Anstrengung schon rasch genug scheinen, in behaglicher Ruhe zusehen, und es für unnöthig halten, in unsern Tagen noch große persönliche Opfer zu bringen: Manche auch, an königliche und kaiserliche Dotationen gewohnt, mögen es unter der Würde der Wissenschaft finden, etwas zu unternehmen, wo die Mittel so kärglich gegeben sind, und mögen den Eifer eines Astronomen, der in einer fernen Gegend Amerika's, von fremder Theilnahme verlassen, selbst Ziegel und Mörtel zum Baue einer Sternwarte herbeiführt, nicht besonders zu billigen geneigt sein. Gewiß ist aber, daß die größere Zahl der Beurtheilenden von anderen Grundsätzen ausgeht, und daß nicht blos vielfache Anerkennung bereits Mitchel's

Digitized by Google

Bemühungen zu Theil geworden ist, sondern auch künftig sein Name immerhin in der Geschichte amerikanischer Wissenschaft einen ehrenvollen Platz finden wird.

In den allerseltensten Fällen geht ein wissenschaftlicher eben so wenig wie ein politischer Impuls von einem Einzigen aus, sondern es bildet sich gewöhnlich in weiteren Kreisen eine Ansicht nach und nach heran und beurkundet ihre zunehmende Kraft durch einzelne hervortretende Erscheinungen. Es fehlt mir die nöthige Grundlage, um nachweisen zu können, wie in Nordamerika, diesem so vielfach begünstigten Lande, nach und nach der Wille rege geworden ist, auch den Ruhm gelehrter Forschung einheimisch zu machen, und welcher Zusammenhang zwischen den verschiedenen Bestrebungen bestanden hat. Daß aber die Idee bereits Wurzel gefaßt hatte, geht aus dem Erfolge hervor: denn Mitchels Unternehmen ist nicht lange vereinzelt geblieben.

Um die Mitte des Jahres 1842 wurde ein von Gilliß (einem Marineoffizier) gemachter Vorschlag in den Congreß gebracht, wornach ein „Depot für die Charten und Instrumente der Marine“ in Washington errichtet werden sollte. Ungeachtet der bereits erwähnten günstigen Anzeichen war der amerikanische Grundsatz, die öffentliche Förderung der Wissenschaften auf die unbedingten Erfordernisse des praktischen Lebens zu beschränken, noch so fest eingewurzelt, daß man für rathsam hielt, unter obigem, etwas sonderlichen Namen eine öffentliche Sternwarte zu verkleiden. Der Vorschlag wurde, trotz der erhobenen Opposition, genehmigt, und gegenwärtig steht das amerikanische „Depot“, was Größe und Kostbarkeit der Instrumente betrifft, nur der russischen Hauptsternwarte nach. Das Personal besteht nach dem neuesten Berichte aus 7 Marineoffizieren, 5 Marinecadetten, und 4 dem Civilstand angehörigen Astronomen, wovon 3 aus dem Professorenstande gewählt sind. Die jährlichen Ausgaben für das Personal (mit Einrechnung der Militärbesoldungen) belaufen sich ungefähr auf 40,000 fl. Die Leitung des Ganzen ist einem Marineoffizier übertragen.

Bei den sonst so zweckmäßig getroffenen Einrichtungen kann man sich nicht genug wundern über einen Uebelstand, der kaum anderwärts als in Amerika stattfinden könnte. Die Leitung der Sternwarte sowohl als die Ausführung der Arbeiten wird nämlich als Militärdienst betrachtet und dem beständigen Wechsel unterworfen, der bei Militärdiensten sonst eben so zweckmäßig als nothwendig ist. Man kann zwar überzeugt sein, daß der Marineminister alle möglichen Rücksichten bei der Wahl der Offiziere in's Auge faßt — und die vorliegenden Arbeiten der Sternwarte scheinen dieß zu beweisen — aber alle Sachverständigen werden darin einstimmig sein, daß selbst bei sorgfältiger Auswahl der Marineoffiziere ein paar Jahre nicht ausreichen, um einen Astronomen zu bilden, und hätte auch der Astronom vorher eine umfassende Uebersicht der Bedürfnisse wie der Mittel astronomischer Forschung erlangt — ein paar Jahre nicht ausreichen, eine irgend bedeutende wissenschaftliche Arbeit auszuführen. Es ist deshalb zu hoffen, daß die nordamerikanische Regierung einer einmal hergestellten werthvollen Anstalt — der einzigen Haupt- und Nationalsternwarte — eine mehr gesicherte Wirksamkeit geben werde.

Die neue Bewegung in Amerika hat noch mehrere Anstalten hervorgerufen. Die Sternwarte in Boston mit einem Münchner Refractor von 14 Pariser Zoll Oeffnung — einem der größten und kostbarsten Instrumente, welche optische Kunst bisher zu Stande gebracht hat — versehen, ist in voller Thätigkeit begriffen; auch in New-York sind zur Einrichtung einer Sternwarte alle wesentlichen Vorbereitungen getroffen.

In den übrigen amerikanischen Staaten fängt man gleichfalls an, wie den

Digitized by Google

Wissenschaften überhaupt, eben so der praktischen Astronomie einige Aufmerksamkeit zu widmen. In Matanzas (Cuba) besteht bereits eine Sternwarte; in St. Jago (Chili) soll mit der Universität ebenfalls eine Sternwarte verbunden werden.

150. Vertheilung der Sternwarten. Wir haben die europäischen und amerikanischen Sternwarten flüchtig durchgegangen; damit schließen wir auch die Uebersicht, denn die Völker, welche die übrigen Welttheile bewohnen und eigene unabhängige Staaten bilden, haben größtentheils noch viele Stufen durchzumachen, bis sie dahin kommen, die Förderung der Wissenschaften zu den Zwecken des öffentlichen Lebens zu rechnen. Es ist, als wenn eben durch diesen Umstand — durch die geringe Mitwirkung der übrigen Welttheile — Europa sich veranlaßt und berufen gefunden hätte zu außergewöhnlicher Anstrengung: ob übrigens viele Sternwarten nahe an einander das leisten, was sie in größerer Entfernung geleistet hätten, ist eine Frage, die hier Beachtung verdient und deren Beantwortung keine Schwierigkeit hat, sobald man die Verhältnisse etwas näher ins Auge faßt. Nur ein bestimmter Theil des Himmels ist von einem gegebenen Punkte der Erdoberfläche aus mit Vortheil und bequem zu beobachten, und da gewöhnlich die Wolkendecken sich sehr weit ausdehnen, so wird ein vorkommendes Phänomen, wenn mehrere Sternwarten nahe aneinander sind, für die eine wie für die andere verdeckt sein. Bedenkt man nun, daß von allen vorhandenen Sternwarten zwei Drittheile auf einen nicht gar großen Strich des nördlichen Europa treffen, so kann man unmöglich diese Vertheilung als eine zweckmäßige ansehen.

Damit es jedoch nicht den Anschein habe, als wollte hierdurch die Ansicht derjenigen bekräftigt werden, welche, so oft es sich um die Gründung neuer Sternwarten in Europa oder um Hebung der bestehenden handelt, die eben angeführten Umstände als entscheidende Gegengründe hervorheben, so muß ich noch hinzufügen, daß allerdings bei besserer Vertheilung der Anstalten ein größerer Erfolg erzielt werden könnte, daß aber, wie weit auch die Vermehrung gehen möge, eine Grenze kaum denkbar ist, wo Mangel an zweckmäßiger Beschäftigung eintreten würde. Die Astronomie bietet unerschöpflichen Stoff zu nützlicher Thätigkeit dar.

151. Wirksamkeit der Sternwarten. Ich habe mich oben darauf beschränkt, nur die Anzahl der Sternwarten, nicht ihre Wirksamkeit zu erwähnen. Bei der Verschiedenheit der Untersuchungsobjecte, der Richtungen und Ansichten, denen — von einem höhern Standpunkte aus — gleich würdigende Anerkennung zuzuwenden wäre, würde dieß große Weitläufigkeit herbeiführen. So hat in unserer Zeit die Sternwarte in Königsberg unter Bessel, die Sternwarte in Greenwich, die Sternwarte in Dorpat, jede in einem andern Sinne, Ausgezeichnetes geleistet. Auch viele andere Anstalten haben in einer oder der andern Beziehung zur Erweiterung des astronomischen Wissens förderlich beigetragen: wenn aber einige zurückgeblieben sind, so lag der Grund fast immer in einem Umstande, der hier nähere Erwähnung verdient.

Bei Erbauung größerer Sternwarten, besonders gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, haben die damit beauftragten Astronomen sicherlich zuvörderst die Absicht gehabt, zweckmäßige Einrichtungen, wie sie der damalige Zustand der Astronomie, die Instrumente und die Beobachtungsweise erforderten, zu treffen; es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß neben diesem Hauptzwecke auch Manchem die Idee vorgeschwebt haben mag, durch besondere Größe oder Festigkeit der Bauten sich selbst ein Monument für künftige Jahrhunderte zu gründen. Daß im Verlaufe der Zeit die Beobachtungsweise, die Aufstellung und der Gebrauch

Digitized by Google

der Instrumente, die Bedürfnisse der Wissenschaft überhaupt sich ändern könnten, ist vielleicht nirgends berücksichtiget worden. Die Erfahrung hat aber bald gezeigt, wie nothwendig eine solche Rücksicht gewesen wäre. Die Wissenschaft erhielt nach und nach eine neue Gestaltung; neue Instrumente und Methoden kamen in Gebrauch. Eine vollständige Umänderung der so für ewige Dauer hergestellten Einrichtungen oder eine neue Sternwarte war die Alternative, wozu man im Laufe von wenigen Decennien gekommen ist, und die Regierungen haben in den wenigsten Fällen eine besondere Bereitwilligkeit gezeigt, zu dem einen oder dem andern Zwecke die nöthigen Mittel zu bewilligen, besonders wenn große Kosten auf den ursprünglichen Bau verwendet worden waren. Gewöhnlich begnügte man sich mit einigen unzulänglichen Aenderungen, und die Sternwarte blieb immerfort in mangelhaftem Stande. Die Beispiele, die Deutschland darbietet, will ich umgehen, und zum Beweise obiger Behauptung nur die Pariser Sternwarte erwähnen, deren Baukosten über eine Million betrugen, und die seit fünfzig Jahren mehr dazu gedient hat, die Fortschritte der Astronomie zu hemmen, als sie zu fördern.

Es liegt hierin die ernste Aufforderung an Diejenigen, welche mit dem Baue neuer Sternwarten beauftragt werden, die Einrichtungen so zu treffen, daß sie nicht den künftigen Astronomen blos Hinderuisse in den Weg legen. Jede astronomische Einrichtung sollte nur als vorübergehend betrachtet werden. Unter allen vorhandenen Sternwarten ist nach meiner Ansicht, in obiger Beziehung, keine der Sternwarte in Greenwich gleich zu setzen. Seit mehr als anderthalb Jahrhunderten hat sie ohne Schwierigkeit den Bewegungen der Wissenschaft folgen können, und wenn heute eine gänzliche Umgestaltung des Beobachtungssystems einträte, so würden die jetzigen, ohnehin nur nothdürftig hergestellten Einrichtungen und Baulichkeiten zu jeder Umformung gleich gut sich eignen.

XIV. Geschichte der Astronomie.

152. Eintheilung nach Perioden. Die Geschichte einer Wissenschaft bietet verschiedene Seiten dar. Man kann hervorheben, wie der menschliche Geist rastlos durch das Streben nach Erkenntniß vorangetrieben, meistentheils auf weitläufigen Umwegen — und nicht selten nach den sonderlichsten Verirrungen — am Ende zur Wahrheit gelangt ist; man kann auch die wirkenden Kräfte, die Männer, die in der Erforschung der Wahrheit sich ausgezeichnet, ihre Schicksale und ihren individuellen Erfolg in den Vordergrund stellen. Noch ein anderes gewöhnlich weniger beachtetes, aber nach meiner Ansicht sehr wichtiges Ziel gibt es, wornach derjenige streben kann, der die Geschichte einer Wissenschaft schreibt. Die Geschichte läßt sich nämlich so einrichten, daß sie zur Erläuterung oder Erklärung der Wissenschaft selbst dienen kann. Eine gehörig bearbeitete Darstellung der astronomischen Entdeckungen, der Umstände, unter welchen sie gemacht wurden, der Ordnung, in welcher sie aufeinander gefolgt sind, scheint mir gerade vorzugsweise geeignet, die verschiedenen Sätze der Astronomie zu größerer Deutlichkeit zu erheben. Der systematische Vortrag

Digitized by Google

sucht die Sätze in ihrer Verbindung zum System und unter der vollständigsten Form zusammen zu stellen: bei der geschichtlichen Entwickelung dagegen bieten sich andere Seiten dar, und die Form, in welcher ein Gesetz zuerst sich gezeigt hat, obwohl vielleicht minder richtig, kann dafür um so mehr bezeichnend sein.

Ich werde in folgenden Blättern, so weit es in einer übersichtlichen Darstellung (denn von einer eigentlichen Geschichte kann bei der Beschränkung des Raumes nicht die Rede sein) zu thun möglich ist, das eben angedeutete Ziel im Auge zu behalten, bestrebt sein: mit Rücksicht hierauf theile ich die Geschichte in 4 Perioden ein:

I. Von den frühesten Zeiten bis zur Gründung der Alexandrinischen Schule, — vereinzelte Beobachtungen und Lehrsätze.

II. Von der Gründung der Alexandrinischen Schule bis zur Wiedererwachung der Wissenschaften im Abendlande, — systematische Arbeiten unter Voraussetzung des Ptolemäischen Systems.

III. Von der Wiedererwachung der Wissenschaften im Abendlande bis zum Anfange des 17ten Jahrhunderts, — Gründung des richtigen Systems der Astronomie und Kämpfe zu dessen Befestigung.

IV. Vom Anfange des 17ten Jahrhunderts bis auf die neueste Zeit, — methodische Ausbildung der Astronomie.

153. Eigenthümliche Förderungsweise der Astronomie; ihre Verbindung mit der Astrologie. Als Einleitung scheint es mir zweckmäßig, ein paar Betrachtungen vorauszusetzen. Die Astronomie ist nicht vorzugsweise in einzelnen Ländern oder durch einzelne Völker ausgebildet worden: sie ist durch alle Welttheile herumgekommen, hat unter den verschiedenen Stämmen, wenn sie aus den tiefern Stufen der Cultur sich erhoben, ihre begeisterten Verehrer gefunden, unabhängig von Clima und Volkscharakter. Unter dem klaren südlichen Himmel, wie in den trüben Gegenden des Norden hat man den Lauf der Gestirne mit gleichem Eifer, wenn auch nicht unter gleich günstigen Umständen verfolgt, und mit den starren Formen der Chinesen, wie mit dem lebhaften Temperamente der Araber hat sich das Studium der Phänomene des Himmels gleich gut vereinbaren lassen. Wenn vielleicht Aehnliches mehr oder weniger auch bei andern Zweigen der Wissenschaft stattfinden mag, so gibt es doch eine Beziehung, in welcher keine andere Wissenschaft der Astronomie gleichgekommen ist. Während die übrigen Wissenschaften gewöhnlich den Einzelnen überlassen wurden, hat die Astronomie mehr eine öffentliche Angelegenheit gebildet; bei Fürsten und Völkern stand sie in höherer Achtung, und besondere Rücksicht wurde ihrer Förderung zugewendet. Ohne deßhalb auf die Zeiten der Chaldäer und alten Aegypter, wo die Sternkunde mit der Religion verknüpft war, oder auf die Chinesen, bei welchen sie eine eigentliche Staatsangelegenheit immer gebildet hat, uns zu berufen, wollen wir nur einen flüchtigen Blick auf den Zeitraum werfen, der seit der Gründung der Alexandrinischen Schule vorübergegangen ist. Ptolemäus Philadelphus selbst Kenner und Verehrer der Astronomie, sammelt Astronomen aller Länder um sich, denen er reichlichen Unterhalt anweist, läßt mit großen Kosten in einem eigenen Gebäude eine werthvolle Sammlung von Instrumenten und Büchern anlegen, und gründet so eine Anstalt, welche viele Jahrhunderte hindurch der Wissenschaft nützlich gewesen ist. Kaum verschwindet diese, so sehen wir unter den Saracenen und Tartaren öffentliche Sternwarten in Bagdad, Aracte, Samarcand sich erheben, wo theils von den Fürsten selbst, theils von öffentlich angestellten Astronomen der Lauf der Gestirne beobachtet wird. Bald

Digitized by Google

darauf versammelt König Alphons X. von Castilien Sterkundige verschiedener Nationen, Christen, Araber und Juden in Toledo, und läßt daselbst eine neue Untersuchung der Bewegungen des Himmels durchführen. Wilhelm IV., Landgraf von Cassel, läßt eine kostbare Sternwarte erbauen, auf welcher er selbst mit seinen beiden Astronomen beobachtet. König Friedrich II. von Dänemark wendet große Summen darauf, für Tycho die Uranienburg zu erbauen; der deutsche Kaiser Rudolph II. beruft nach Prag die größten Astronomen jener Zeit, Tycho und Kepler, und wenn wir auf neuere Zeiten übergehen, so finden wir eine Anstalt nach der andern, wetteifernd an Größe und Kostbarkeit, sich erheben. Dieselben Kosten, die auf Astronomie verwendet worden sind, hat keine andere Wissenschaft in Anspruch genommen. Wer aber hieraus schließen wollte, daß zu allen Zeiten der wahre Werth der Astronomie erkannt war, und daß sie nur ihrem innern Gehalte so große Förderung verdankt, würde sehr sich täuschen. Nimmt man etwa die zwei letzten Jahrhunderte aus, so darf unbedenklich behauptet werden, daß die Astronomie den öffentlichen Schutz, den sie von Seite der Fürsten und Völker gefunden, blos ihrer Verbindung mit der Astrologie zu verdanken hat. Sehr bezeichnend setzt Kepler in der Einleitung zu den Rudolphinischen Tafeln das Verhältniß der Astrologie zu der Sternkunde in einer geschichtlichen Uebersicht auseinander. „Die Mutter der Astronomie," heißt es unter Anderem, „war die Astrologie: auf diese hat sich in allen Zeitaltern das Bedürfniß astronomischer Tafeln begründet. Ptolemäus war der erste, der mit Hülfe älterer Beobachtungen, besonders jener des Hipparchus, verglichen mit seinen eigenen, eine vollständige Sammlung von Tafeln herausgab. Obwohl er in seinem großen Werke (Almagest) hie und da Gedanken vorbringt, die der gründlichsten Philosophie angehören, und obwohl er mit Recht als höchste Stufe der Philosophie die Sternkunde betrachtet, so war es doch auch derselbe Ptolemäus, der außer seinem Almagest auch ein Werk in vier Büchern über die Wirkungen (der Gestirne) geschrieben hat, der ferner im Almagest selbst eine nicht geringe Wichtigkeit auf die im andern Werke ausführlicher behandelten Horoscope legt. Aber die Philosophie gerieth nach dem Zeitalter des Ptolemäus und seiner Schüler in mißliche Verhältnisse, da Griechenland von den Römern unterjocht war. Die ursprüngliche Geisteskraft verschwand, Aberglaube und sclavischer Sinn verdrängte die Gesinnungstüchtigkeit und den ehrenhaften Charakter früherer Zeit. Auch das Christenthum kämpfte gegen die Astrologie; neue Reiche und Völker traten auf, einerseits die Hunnen und Gothen, andererseits die Araber; jene stumpfsinnige Barbaren, diese talentvoll, aber im höchsten Grade zu Aberglauben und Schwärmerei geneigt. Von Europa nun vertrieben, wanderte die Astronomie nach Afrika, und gerieth daselbst unter den Horoscopstellern, Magiern, Wahrsagern in die schändlichste Sclaverei. — Mehrere Jahrhunderte hindurch wurde die Verbesserung astronomischer Tafeln vernachläßiget. Endlich im 9. und 10. Jahrhundert fing die Barbarei der Franken und Gothen sowohl, als der Aberglaube der Sarazenen an, sich zu verlieren. Dann erst begannen die Europäer um die göttliche Wissenschaft der Astronomie sich anzunehmen; auch Araber, und gelehrte Juden beschäftigten sich mit Verbesserung der Tafeln."

„Als die Astronomie unter dem Schwedenkönig Friedrich II. und Alphons von Spanien zu den Christen des Abendlandes zurückkehrte, war sie von der Astrologie wieder begleitet, und man hat nebst dem Almagest des Ptolemäus viele astrologische Werke aus dem Arabischen in das Lateinische übersetzt. Es ist sogar von dem letzt erwähnten Monarchen den (nach ihm benannten) Alphonsinischen Tafeln, durch deren Herausgabe er eine wahrhaft

Digitized by Google

königliche und ewig ruhmwürdige Liebe zur Wissenschaft bewiesen hat, eine Vorrede vorangesetzt worden, worin er geradezu den Zusammenhang irdischer Dinge mit dem Laufe der Gestirne anerkennt, und sich entschieden für die Wichtigkeit der Horoscope erklärt. So hat die Astronomie niemals ihrer Amme vergessen, und konnte dieselbe auch, nachdem sie den Kinderjahren längst entwachsen war, doch nicht ganz entbehren."

Wäre es nöthig, weitere Belege für die innige Verbindung der Astrologie mit der Sternkunde aus den Jahrhunderten vor Kepler anzuführen, so könnte man fast für jeden einzelnen Fall nachweisen, daß diejenigen, welche die Astronomie geschützt und gefördert haben, stets die Enträthselung der Zukunft im Auge hatten. Man darf aber nicht etwa aus den obigen Worten Kepler's schließen, daß im 16. und 17. Jahrhunderte die Astrologie aufgehört habe: sie war blos modificirt, oder suchte nur mehr bei besondern Erscheinungen des Himmels einen Zusammenhang mit irdischen Ereignissen nachzuweisen. So erklärt sich Tycho in der Einleitung zu seiner Beobachtungssammlung *), nachdem er seine Arbeiten in der Astronomie auseinandergesetzt hat, weiter in folgender Weise:

„Auch auf die Astrologie, welche die Wirkungen der Gestirne untersucht, habe ich nicht geringe Mühe verwendet, um sie von den Fehlern und abergläubischen Ansichten zu reinigen, und mit der Erfahrung, auf welche sie begründet sein soll, in Uebereinstimmung zu bringen. Denn ganz scharfe Verhältnisse, die mit geometrischen und astronomischen Wahrheiten in eine Kategorie gestellt werden können, aufzufinden, halte ich nicht wohl für möglich. In meiner Jugend war ich mit dem prognostischen Theile der Astronomie eifrigst beschäftiget; gab sie aber auf, um zuerst die Bewegungen der Gestirne, auf welche sie sich stützt, genauer zu untersuchen. Nachdem ich diese Bewegungen erforscht hatte, nahm ich jene Wissenschaft wieder auf, und überzeugte mich, daß sie, so sehr sie nicht blos im gemeinen Leben, sondern auch von vielen Gelehrten, sogar von einigen Mathematikern gering geschätzt wird, doch mehr Gewißheit gewährt, als man glauben möchte, und zwar sowohl was die meteorologischen Prophezeiungen und Einflüsse, als auch die Horoscope betrifft. Ich habe übrigens, auf die Erfahrung selbst mich stützend, ein anderes System, als das gewöhnliche eingeführt."

„Aber solche astrologische Kenntnisse, obwohl ich nicht wenig darin gearbeitet habe, theile ich nicht gerne mit, weil nicht Alle einen angemessenen Gebrauch davon, ohne Aberglauben und Vermessenheit, zu machen wissen."

„Auch auf spagyrische Arbeiten *), und pyronomische Untersuchungen habe ich viele Mühe verwendet, was ich hier im Vorbeigehen bemerke, weil die Gegenstände, womit man da zu thun hat, eine Analogie zu den Gestirnen und Einflüssen des Himmels haben. Deßhalb nenne ich jene Untersuchungen die terestrische Astronomie. Mit dieser Wissenschaft habe ich seit meinem drei und zwanzigsten Jahre nicht weniger, als mit der himmlischen Astronomie mich beschäftiget, und Manches, rücksichtlich auf Metalle, Mineralien, Edelsteine, Vegetabilien und andere hieher gehörige Dinge mit vieler Mühe und nicht unbedeutenden Kosten herausgebracht. Ich bin nicht ungeneigt, mit Fürsten und andern angesehenen und gelehrten Männern, die hieran Interesse haben, mich

*) Tycho's Beobachtungssammlung ist erst nach seinem Tode unter dem Titel „Historia coelestis" von Lucius Barretus (eigentlich Albertus Curtius genannt) im Jahre 1666 herausgegeben worden.

*) Unter spagyrischen Arbeiten wird im Allgemeinen die Alchymie, oder die Kunst, Gold zu machen, verstanden.

Digitized by Google

darüber zu erklären, und Einiges mitzutheilen, wenn ich nur von ihren guten Absichten und ihrer Verschwiegenheit überzeugt bin. Denn solche Sachen zu veröffentlichen, ist weder billig, noch rathsam, weil es nicht jedem gegeben ist, diese Geheimnisse in geeigneter Weise nach dem Bedürfnisse der Natur unschädlich und zweckmäßig anzuwenden."

Besonders waren es die Kometen und ähnliche außergewöhnliche Erscheinungen, denen auch die größten Männer dieses Zeitalters einen entschiedenen Einfluß auf den Gang der Naturerscheinungen, wie auf die Weltangelegenheiten zuschrieben. Der um die Astronomie hoch verdiente Landgraf Wilhelm IV. von Hessen schrieb bezüglich auf den neuen im Jahre 1572 erschienenen Stern an Peucer in Wittenberg:

„Es sei nun wie es wolle, so wird die Erfahrung lehren, daß etwas sehr Merkwürdiges folgen wird. Ich habe meinen Mathematikern aufgetragen, sie sollen genau nachforschen. Sie finden unter allen Beschreibungen der Kometen, die seit Christi Geburt erschienen sind, keinen als nur einen einzigen so hellen Stern leuchten, und zwar im Jahre 339; auf diesen folgte der Einfall der Gothen und die Zerstörung Roms durch Alaric. Sollte auch dieser Stern Einfälle der Scythischen Völker bedeuten? — und da derselbe senkrecht über der Moscoviter Land steht, und daher auch nach der Lehre der Astrologen in jenem Lande seine Kraft äußert, so würde dieß zu dem, was in der Polnischen Wahl vorgeht, und was die Türken betrifft, nicht übel zusammenstimmen. Was Gott gnädig abwenden und verhüten möge."

Auch Kaiser Rudolph war eben so wenig der Astrologie, als der Alchymie abhold: es ist wohl anzunehmen, daß dieser Umstand auf Tycho's Berufung nach Prag den meisten Einfluß gehabt hat.

Als einen der entschiedensten Gegner der Astrologie hat man Kepler gewöhnlich angesehen, und man muß gestehen, daß viele Stellen aus seinen Schriften uns vollkommen hiezu berechtigen, während er sonst manches geschrieben hat, wo man neben einer gründlichen und scharfsinnigen Auffassung der Dinge ganz abenteuerliche Ansichten antrifft. So hat er — vielleicht dem Wahne seiner Zeit huldigend — in seinem Buche über die Kometen von 1607 und 1618 sehr viel von der Bedeutung dieser Himmelskörper und ihren Beziehungen zu den Naturerscheinungen sowohl, als zu den politischen Ereignissen gesagt. Trockene, Mißernte und Theurung, Ueberschwemmungen, Kriege und Religionszwistigkeiten verkündigte er als wahrscheinliche Folge dieser Kometen. Nur da, wo es sich um das Schicksal Einzelner handelt, scheint er auf die Ansichten seines Zeitalters in sehr geeigneter Weise einwirken, und die Astrologie in ihrer Nichtigkeit darstellen zu wollen. So sagt er, nachdem er die natürliche und sympathetische Bedeutung des Kometen von 1607 berührt hat:

„Was drittens die Bedeutung des Kometen betrifft, in so ferne er als von einem vernünftigen Geiste gesendet zu betrachten ist, so will ich nur das Gewissere und Geeignetere erwähnen. Denn was soll ich allein gegen die allgemein angenommene Meinung des Menschengeschlechts, die jeder nach seiner Auffassungsweise durch zahlreiche Geschichten zu unterstützen bereit ist, ausrichten? Ich behaupte also, daß Gott diesen Kometen unter den Sternen uns hat erscheinen lassen, damit er Allen und Jedem von der Sterblichkeit des Menschen Zeugniß gebe, und uns erinnere, es sei von Gott beschlossen worden, einen Theil der Menschen aus allen Ständen und durch verschiedene Wege des Schicksals aus dieser Welt zu entfernen: dieß sei eben so gewiß überhaupt als es für jeden Einzelnen ungewiß sei: es gelte hier kein Vorrecht des Starken vor dem Schwachen, des Jünglings vor dem Greise, und was am meisten bedauernswerth ist,

Digitized by Google

kein Vorrecht des Sterndeuters vor denen, die sich von ihm ihr Schicksal verkündigen lassen" u. s. w.

Den Rest dieser erbaulichen Bußpredigt lasse ich hier weg, und füge blos bei, daß Kepler später einen Nachtrag herausgab, wo er den wirklich stattgehabten Erfolg darlegt, und eine Menge Ereignisse, als mit dem Erscheinen des Kometen zusammenhängend, bezeichnet; zugleich aber versichert, der Tod habe den Sterndeuter verschont, und auch unter dem übrigen Volke nicht mehr Opfer gefordert, als sonst in derselben Zeit gewöhnlich gewesen sei.

Es dürfte die Bemerkung hier nicht unwesentlich sein, daß es nicht etwa blos darum sich handelte, den Kometen eine Bedeutung überhaupt beizulegen, sondern um eine eigentliche astrologische Auslegung, wornach aus dem Orte ihres Erscheinens, aus ihrer Bewegung, aus der Richtung des Schweifes abgeleitet werden sollte, wem sie galten, und was sie für Glück oder Unglück herbeiführen sollten.

Die oben von Kepler, rücksichtlich des Kometen von 1607, angedeutete Ansicht, wornach er zur Warnung am Himmel erschienen wäre, scheint nicht blos damals, sondern auch später sehr verbreitet gewesen zu sein, denn der König von Dänemark ließ auf den Kometen von 1618 eine Medaille prägen, worauf ein Komet, und darunter eine um Erbarmen flehende Menschenmenge zu sehen war, mit der Inschrift: „Gott gieb, daß uns dieser Kometstern Besserung unsers Lebens lern'. 1618."

In ähnlichem Sinne erschien noch bei Gelegenheit des Kometen von 1664 eine Schrift von Konrad von der Lage unter dem Titel: „der himmlische Bußprediger."

Obwohl man noch einige eifrige Astrologen später findet, und namentlich Morin (1656 gestorben) großes Ansehen am französischen Hofe genoß, und ein umfangreiches Werk über Astrologie schrieb, so darf man doch annehmen, daß bald nach Kepler die Astrologie, als öffentlich anerkannte Wissenschaft, ihr irdisches Dasein beschlossen hat; freilich mag sie noch in viel spätern Zeiten als Schatten auch in den unterrichteten Kreisen der menschlichen Gesellschaft herumgewandert sein, jedoch ohne mehr auf die Astronomie Einfluß auszuüben.

Es schien mir zweckmäßig, die im Vorhergehenden entwickelten Verhältnisse der Astronomie zu berühren, weil ich der Ansicht bin, daß sie zum Verständnisse der Arbeiten und Bestrebungen der Astronomen früherer Jahrhunderte wesentlich sind: ich gehe nun zu der Geschichte selbst über.

I. Periode: Von den frühesten Zeiten bis zur Gründung der Alexandrinischen Schule — vereinzelte Beobachtungen und Lehrsätze.

154. Sonnen- und Mondperioden. Sicherlich haben die Phänomene des Himmels die Aufmerksamkeit der allerältesten Völker schon in dem ersten Stadium der Cultur auf sich gezogen. Außer der Bewunderung, die sie erregen mußten, boten sie zunächst das Mittel zur Zeiteintheilung dar, und deßhalb finden wir denn auch, daß die frühesten astronomischen Bestimmungen sich stets auf Perioden des Mond- oder Sonnenlaufes bezogen haben. Solcher Perioden kennen wir mehrere.

Die Chaldäer bemerkten, daß auf 600 Jahre 7421 Mondumläufe oder Monate gehen, und nannten diese Periode Saros. Die ägyptischen Priester

Digitized by Google

fanden, daß, wenn man die Jahre zu 365 Tagen rechnet, ein Sonnenumlauf (bis nämlich die Sonne zu demselben Fixsterne zurückkehrt) etwas mehr als ein Jahr betrage und daß der Ueberschuß in 1461 Jahren zu einem ganzen Jahre heranwachse, also 1461 Jahre gleich 1460 Sonnenumläufen ist. Sie nannten diesen Zeitraum die Hundstern-Periode oder das große Jahr.

Meton, ein Athenienser (432 J. v. Ch.), erkannte, daß nach 19 Jahren dieselben Mondphasen auf dieselben Tage des Jahres treffen, eine Periode, welche unter der Benennung „güldene Zahl" noch in den Kalendern vorkommt.

Diese und ähnliche Perioden sind nur zum Verständnisse chronologischer Angaben des Alterthums von Wichtigkeit: eigentlich astronomische Bedeutung haben sie nicht. Uebrigens geht insbesondere aus dem Chaldäischen Saros, zu dessen Ermittelung doch wohl mehr als tausendjährige regelmäßige Beobachtungen erforderlich gewesen sind, das hohe Alter der Astronomie hervor.

155. Astronomische Beobachtungen der Chinesen. Eigentliche astronomische Beobachtungen aus ganz früher Zeit kennen wir nur von den Chinesen, und zwar werden, freilich etwas unsichere, Kometenbeobachtungen bis 2296 v. Chr. angeführt. Vollkommen beglaubigte Bestimmungen gehen bis zum Jahre 1100 v. Chr. zurück. Von diesem Jahre theilt uns P. Gaubil drei Beobachtungen des Kaisers Tschu-Kong mit, der in Loyang (Honanfu) die Höhe der Sonne im Sommer- und Winter-Solstitium, dann für letztere Epoche auch den Ort der Sonne unter den Fixsternen bestimmte. Zur Messung der Sonnenhöhe bediente er sich eines senkrechten Gnomons von 8 Fuß, und fand die Länge des Schattens im Sonnensolstitium $1\frac{1}{2}$ Fuß, im Wintersolstitium 13 Fuß. Den Ort der Sonne in ihrer Bahn im Wintersolstitium gibt er 1^{0} 58′ östlich von dem Sterne ε des Wassermanns an.

Laplace hat mit den jetzt sehr genau bekannten Elementen der Sonnenbahn zurückgerechnet, und die Richtigkeit obiger Beobachtungen vollkommen bestätiget.

156. Speculationen und Beobachtungen der Griechen. Unter den Griechen hat es in dieser Epoche mehrere Gelehrte gegeben, welche mit der Himmelskunde sich beschäftigten. Um die Richtung, welche sie gewöhnlich nahmen, zu bezeichnen, führe ich hier die Lehre vom Weltsysteme an, wie sie von einem der berühmtesten Pythagoräer Philolaus dargestellt wurde:

Dem vornehmsten Dinge gebührt die vornehmste Stelle; deßhalb gehört das Feuer in die Mitte, weil es vorzüglicher ist als die Erde. Um dieses Feuer (Centralfeuer oder Weltfeuer) bewegen sich im Reihentanze zehn göttliche Körper: der Fixsternhimmel, die fünf Planeten in immer engern Bahnen, dann die Sonne, der Mond, die Erde und die Gegenerde. Die Sonne ist eine glasartige Scheibe, welche das Licht und die Wärme vom Centralfeuer auffängt, und der Erde durch Zurückstrahlung zusendet. Durch die Bewegung der Erde um das Centralfeuer entsteht die Abwechslung von Tag und Nacht. Jenseits des Fixsternhimmels findet man einen feurigen Raum oder eine Feuer-Region, welche das ganze Weltall umgibt.

Philolaus nahm auf solche Weise ein doppeltes Feuer an, ein äußeres und ein Centralfeuer, letzterem allein legte er tiefe Bedeutung bei, er nannte es in seiner mystischen Sprache „den Heerd des Weltalls, die Wohnung des Zeus, die Mutter der Götter, Altar, Band und Maas der Natur." Was die Gegenerde betrifft, so setzte sie Philolaus der Erde gegenüber auf der andern Seite des Centralfeuers, mithin in solcher Stellung, daß sie den Erdbewohnern immer unsichtbar bleiben mußte: sie wurde nur angenommen, um die Zahl der Körper auf 10 zu bringen, denn die Zehn war den Pythagoräern der Gott der Götter,

Digitized by Google

der übergöttliche Gott; und Philolaus meint, daß die Wirkungen und das Wesen der Zahlen nach der Kraft erwogen werden müßten, welche der Zehn eigenthümlich wäre; denn diese Kraft sei groß, Alles wirkend, Alles schaffend, des göttlichen und menschlichen Lebens gemeinsame Urheberin und Leiterin.

Noch mancherlei andere philosophische Speculationen des griechischen Alterthums von ungefähr gleichem Gehalte, und nur auf oberflächliche Beschauung des Himmels begründet, sind uns mehr oder minder vollständig aufbewahrt worden: es scheint jedoch ganz zwecklos, sie hier zu erwähnen. Es ist übrigens durch mancherlei Thatsachen außer Zweifel gesetzt, daß astronomische Messungen schon in dieser Periode angefangen haben müssen. So finden wir schon 610 v. Chr. eine Sonnenuhr und einen Gnomon erwähnt, welche Anaximander hergestellt haben soll. Einen ferneren Beweis liefert die Angabe von Strabo, wornach Pytheas in Marseille ungefähr 350 Jahre n. Chr. das Verhältniß des Schattens zur Höhe des Gnomon wie 42 weniger 1/5 zu 120 im Sommersolstitium gefunden haben soll, eine Bestimmung, welche nach der Rechnung von Laplace mit den jetzt sehr genau bekannten Elementen der Sonnenbahn genügend übereinstimmt.

157. Sternbilder ungewissen Ursprungs. Der frühesten Epoche der Astronomie gehören die meisten Sternbilder, und namentlich jene des Thierkreises an. Sie entstanden ohne Zweifel nur durch das Bedürfniß, die Sterne zu bezeichnen. Daß ihnen ein gewisses System zu Grunde liege, ist zwar von Einigen mit einem großen Aufwande alterthümlicher Gelehrsamkeit nachzuweisen versucht worden: ich meinestheils trage jedoch kein Bedenken, mich dem Urtheile derjenigen anzuschließen, die eine zufällige Entstehungsweise annehmen. Ich übergehe deßhalb die Untersuchungen, die daran geknüpft worden sind sowohl, als die Discussion, welche durch den im Tempel der Isis in Tentyra gefundenen und zu Anfang dieses Jahrhunderts nach Paris gebrachten Thierkreis hervorgerufen wurde: weder chronologische, noch astronomische Bestimmungen lassen sich mit irgend einer Sicherheit darauf gründen. Merkwürdig ist jedoch der Umstand, daß wir bei sämmtlichen Völkern der alten Welt dieselben Sternbilder (mit nur wenigen Modificationen) antreffen: es deutet dieß auf eine gemeinsame, jedenfalls in die allerfrühesten Zeiten zurückgehende Entstehung hin.

158. Messungsmittel. Im Ganzen treffen wir in dieser Epoche die Astronomie überall in der Kindheit an. Das einzige astronomische Meßinstrument scheint der Gnomon gewesen zu sein; die Beobachtung der Richtung und wechselnden Länge des Schattens bot sich von selbst allen Völkern dar, und hat, wie bekannt, bis auf die neuere Zeit mehr oder weniger Anwendung gefunden.

Daß man auch die Zeit zu messen versucht habe, ist nicht unwahrscheinlich, wenigstens wird dieß von einem römischen Schriftsteller des zweiten Jahrhunderts, Sextus Empiricus, behauptet. Die Chaldäer, sagt er, hätten ein Gefäß mit Wasser angefüllt, und im Moment, als ein bestimmter Stern aufging, eine kleine Oeffnung aufgemacht, wodurch das Wasser auslaufen konnte. Die Wassermenge, welche bis zum Aufgange desselben Sterns am folgenden Tage ausgelaufen war, (und die man in 12 gleiche Theile abzutheilen pflegte) entsprach der Tageslänge, und hatte man die bis zu einem bestimmten Augenblicke abgelaufene Wassermenge gemessen, so war damit die bis dahin verflossene Zeit gegeben. Durch diese Einfache Vorrichtung wird wenigstens das Prinzip der Zeitmessung auf ganz charakteristische Weise bezeichnet.

Digitized by Google

II. Periode: Von der Gründung der Alexandrinischen Schule bis zur Wiedererwachung der Wissenschaften im Abendlande — systematische Arbeiten unter Voraussetzung des Ptolemäischen Systems.

159. Uebersicht dieser Periode. Es gibt zwei ganz von einander abweichende Methoden, wodurch der menschliche Geist zur Erkenntniß der Natur überhaupt, und astronomischer Wahrheiten insbesondere zu gelangen gesucht hat. Die Einen wollten durch Beobachtung die Verhältnisse und Gesetze des Bestehenden erforschen, und so auf einem freilich langsamen Wege eine Grundlage sicherer Schlüsse nach und nach gewinnen; die andern von bodenloser Speculation ausgehend, führten Luftgebäude auf, und der Nachfolger machte jedesmal damit den Anfang, daß er den Bau seines Vorgängers zusammenwarf, um einen neuen an dessen Stelle zu setzen.

Von beiden Tendenzen weist schon die vorhergehende Periode Beispiele auf, besonders unter den griechischen Philosophen: doch war entschieden die Speculation überwiegend, und wirkte in nachtheiliger Weise auf die Vermehrung astronomischer Erkenntniß ein. In dem Zeitraume, den wir jetzt vor uns haben, treffen wir zwar ein günstigeres Verhältniß an, denn man wandte alle Mühe darauf, der Astronomie erfahrungsmäßige Begründung zu geben; dabei ist aber wohl niemals der Uebergang von der Beobachtung zur Theorie richtig verstanden worden, und bei Herstellung des Zusammenhanges der Erscheinungen wurde der Phantasie in gleicher Weise, wie bei den frühern griechischen Philosophen, Raum gelassen, ein Uebelstand, der übrigens nicht etwa dem Alterthume eigen gewesen ist, sondern bis auf die neuere Zeit fortgedauert hat. Ein fernerer Uebelstand war, daß der Werth der Beobachtung nicht richtig erkannt wurde, und man nur die Theorie, nicht die Beobachtungen, auf welche sie sich gründete, der Nachwelt aufzubewahren für nöthig hielt. Daß dieselben Beobachtungen den Probirstein verschiedener Theorien bilden können, ist Niemanden beigefallen, und aus diesem Grunde nicht weniger als durch die politischen Schicksale der Völker ist für uns eine werthvolle Sammlung astronomischer Data verloren gegangen.

160. Gründung der Alexandrinischen Schule; die ersten Astronomen. Wenn die politischen Ereignisse der ältesten Zeit, die doch mehr geeignet waren, ein bleibendes Andenken zurückzulassen, vielfach in Dunkel gehüllt sind, so wird man kaum erwarten, hinsichtlich der Astronomie, größere Gewißheit zu finden. Wir wissen, daß in der Epoche, womit wir uns jetzt zu beschäftigen haben, die Chinesen, die Indier, die Chaldäer und Griechen den Himmel beobachteten, und Regeln für die Bewegungen der Gestirne festzusetzen sich bemühten; wir wissen, daß sich auf solche Weise ein Complex astronomischer Ueberlieferungen nach und nach gebildet hat, aber mit wenigen Ausnahmen ist der Nachwelt nichts weiter als unbestimmte Angaben oder fabelhafte Erinnerungen aufbewahrt worden. Belehrende Nachweisung über das, was erkannt wurde und über die Wege, auf welchen man zur Erkenntniß gelangt ist, suchen wir im Allgemeinen umsonst; nur aus dem griechischen Alterthume finden sich einige nähere Bestimmungen vor: auf diese allein werde ich mich in dem Folgenden beschränken.

Den Anfang und zugleich das hervorragendste Ereigniß dieser Periode bildet die Entstehung der Alexandrinischen Schule, welche von König Ptolemäus in Alexandrien um das Jahr 300 v. Chr. gegründet, einen nahe tausendjährigen Bestand gehabt, und auf die Förderung der Astronomie einen

Digitized by Google

wichtigen und nachhaltigen Einfluß ausgeübt hat. Als die ersten Astronomen dieser Schule werden Aristillus und Timocharis genannt. Sie bestimmten insbesondere durch Messungen die Oerter der Fixsterne am Himmelsgewölbe. Ihre Arbeiten sind jedoch verloren gegangen bis auf ein paar Angaben, welche im Almagest des Ptolemäus vorkommen: darunter gehört eine Sternbedeckung durch den Mond, welche Timocharis im Jahre 294 v. Chr. beobachtet hat.

Aratus besang die Gestirne am Hofe des Königs Antigonus Gonatas, ungefähr 270 v. Chr., und noch zur Zeit des Cicero legte man auf sein Gedicht einen großen Werth.

Aristarchus von Samos lebte ungefähr 264 Jahre v. Chr. Von seinen Werken ist nur ein einziges, welches von der Entfernung und Größe der Sonne und des Mondes handelt, auf uns gekommen. Darin entwickelt er eine Methode, die relative Entfernung der Sonne und des Mondes zu bestimmen, die so sinnreich und für den damaligen Stand der Astronomie so charakteristisch ist, daß sie eine kurze Erwähnung verdient. Wenn der Mond M halb erleuchtet ist (Fig. 46), so muß der Winkel am Monde EMS nothwendig ein rechter sein, und man braucht nur den Winkel an der Erde SEM oder den Winkel zwischen Sonne und Mond zu messen und nach den Regeln der Trigonometrie das Dreieck zu berechnen, um das Verhältniß der Seiten EM (Entfernung des Mondes) und ES (Entfernung der Sonne) zu finden. Bei der Ausführung mißlang die Methode aus dem natürlichen Grunde, weil man nicht genau sagen kann, wann gerade die Hälfte des Mondes erleuchtet ist: wir führen deßhalb die sehr weit von der Wahrheit abweichenden Resultate seiner sonst ganz consequent durchgeführten Rechnung nicht an.

Aristarchus gab das erste Beispiel einer vollkommen richtigen Methode in der Astronomie an: noch merkwürdiger ist es, daß er den Zusammenhang der Planeten-Bewegungen wenigstens dunkel erkannt, und das, was Copernicus ausgesprochen hat, schon 17 Jahrhunderte früher geahnt haben soll.

161. Eratosthenes. Der Name des Eratosthenes ist durch die Gradmessung zwischen Syene und Alexandrien, die erste große geodätische Operation, von der uns die Geschichte berichtet, bekannt. In Syene beschien die Sonne in der Mitte des Sommers vollständig den Grund der tiefsten Brunnen, und alle Schatten senkrechter Gegenstände verschwanden, woraus folgte, daß die Sonne genau im Zenit war: gleichzeitig fand sich in Alexandrien nach der gemessenen Schattenlänge die Sonne südlich vom Zenit um $7\frac{1}{2}$ Grad. Der Bogen von $7\frac{1}{2}$ Grad am Himmelsgewölbe entsprach demnach an der Erdoberfläche der Entfernung beider Orte, die zu 5000 Stadien bestimmt wurde. Daraus folgte für den ganzen Umkreis oder 360^0, der Umfang der Erde = 250000 Stadien. Die Bestimmung selbst hat für uns keinen Werth, besonders da wir die Länge eines Stadiums nicht genau kennen: wir erhalten aber einen Begriff, wie weit damals die Wissenschaft kühn vorgedrungen war, und wie der Grund gelegt wurde zu den großen Unternehmungen, welche in unsern Tagen erst vollständig ausgeführt worden sind. Eratosthenes stellte auch große Ringe in der Ebene des Aequators auf, und beobachtete den Zeitpunkt, wann der Schatten der einen (gegen die Sonne gewendeten) Hälfte genau auf die andere Hälfte fiel: es war damit der Uebergang der Sonne über den Aequator, oder die Tag- und Nachtgleiche gegeben. Es wird auch erwähnt, daß er 175 Sterne am Himmel gezählt habe. In einem Alter von 80 Jahren blind geworden, soll er aus Lebensüberdruß freiwillig durch den Hungertod seinem Dasein ein Ende gemacht haben.

162. Hipparchus. Ungefähr 160 Jahre v. Chr. erschien Hippar-

Digitized by Google

chus, wohl der größte Astronom dieser Epoche. Seine wichtigste Arbeit war die Herstellung eines vollständigen Sternverzeichnisses, wozu ihn das Erscheinen eines neuen Sterns veranlaßt hat. „Er bemerkte," sagt Plinius, „einen neuen Stern, der zu seiner Zeit entstanden war, und nachdem er vom Augenblicke des ersten Erscheinens seine Bewegung beobachtet hatte, kam er auf die Idee, daß solche Ereignisse öfters vorkommen dürften, und daß die Sterne, die man für fix hält, eine Bewegung haben könnten; deßhalb unternahm er, durch eine der Götter würdige Arbeit, der Nachwelt eine Abzählung des Firmaments zu hinterlassen, und alle Theile desselben zu bestimmen mit Instrumenten eigener Erfindung, womit er die Oerter und Größen der Sterne angab. Damit sollte die Nachwelt in den Stand gesetzt werden, zu entscheiden, ob Sterne verschwinden oder erscheinen können, ob sie ihren Ort, ihre Größe, ihr Licht ändern: so übergab er den Himmel als Erbtheil denen, die davon Nutzen zu ziehen würdig sind."

Heut zu Tage kann man kaum richtiger den Weg und das Ziel bezeichnen, welche bei Beobachtung der Fixsterne zu wählen sind. Hipparchus selbst hat aus seinen Beobachtungen, verglichen mit denen von Timocharis, das wichtige Resultat abgeleitet, daß in der Zwischenzeit von 150 Jahren die Sterne 2 Grade auf der Ecliptik vorgerückt waren. Es ist dieß der Erfolg des Zurückweichens der Tag- und Nachtgleichen (§. 17. 38.), wovon der Grund in der sphäroidischen Gestalt der Erde liegt und erst aus der Gravitations-Theorie erklärt werden konnte.

Auch der Planeten-Bewegung widmete Hipparchus seine Aufmerksamkeit. Er erkannte aus der Beobachtung, daß die Sonne in gleichen Zeiten nicht gleiche Bögen beschreibt. Von der Frühlings Tag- und Nachtgleiche bis zur Sommer-Sonnenwende fand er $94\frac{1}{2}$ Tage, von da bis zur Herbst Tag- und Nachtgleiche nur $92\frac{1}{2}$ Tage, obwohl beiden Zeiträumen derselbe Bogen, nämlich $\frac{1}{4}$ des Umkreises entspricht. Er schloß daraus (übereinstimmend mit der früher von den Pythagoräern angenommenen Hypothese), daß die Erde nicht in der Mitte des Kreises sich befindet, den die Sonne jährlich beschreibt, sondern in einiger Entfernung von der Mitte. Er bestimmte diese Entfernung und berechnete Sonnentafeln darnach. Auch die Länge des Jahres setzte er fest, und zwar nur um 6 Minuten unrichtig. Mit der Mondbahn und den Aenderungen, denen die Knoten unterworfen sind, beschäftigte er sich ebenfalls, und suchte aus den Beobachtungen die darauf bezüglichen Bestimmungen abzuleiten. Bei den Planeten begnügte er sich, blos Beobachtungen zu hinterlassen, aus denen ihre Bewegung durch seine Nachfolger ergründet werden sollte. Er schlug zur Längenbestimmung die Mondfinsternisse vor (§. 128.), und für die Thatsache, daß Sonnenfinsternisse an verschiedenen Orten nicht gleich groß erscheinen, fand er die richtige Erklärung in der Parallaxe, darin nämlich, daß ein näherer Gegenstand gegen einen entferntern seine Stellung ändert, wenn man ihn von einem andern Punkte aus betrachtet. Wäre der Beobachter im Mittelpunkte der Erde, dann würde er die Phänomene in ihrer eigentlichen Gestalt sehen: von jedem Punkte der Oberfläche aus nehmen die Gegenstände eine verschiedene Stellung an. Hipparch suchte die Größe der Parallaxe zu messen und die Beobachtungen auf den Mittelpunkt der Erde zu reduciren. War gleich der Erfolg seiner Rechnung nicht genügend, so hatte er doch eine Grundlage festgestellt, auf welcher bald eine richtigere Parallaxen-Rechnung aufgeführt werden konnte.

163. Posidonius, Cleomedes. In dem Zeitraume von 250 Jahren, welcher zwischen Hipparchus und Ptolemäus verstrich, finden wir keinen Astronomen der Alexandrinischen Schule, der zu den Untersuchungen seiner Vorgänger Wesentliches hinzugefügt hätte: doch verdienen Posidonius und Cleo-

Digitized by Google

medes aufgeführt zu werden. Ersterer gab eine Bestimmung der Höhe unserer Atmosphäre, dann der Entfernungen des Mondes und der Sonne, wofür er weit richtigere Werthe fand, als irgend ein Astronom des Alterthums. Auf welche Grundlagen er seine Bestimmungen stützte, oder in wie ferne ein glücklicher Zufall mitwirkte, ist uns unbekannt. Posidonius beschäftigte sich auch mit der Frage, warum die Sonne und der Mond am Horizont größer als hoch am Himmel erscheinen, und schrieb dieß den Dünsten zu, welche das Licht ablenken. Die richtige Erklärung haben wir oben bereits gegeben (§. 62.).

Cleomedes ist als Entdecker der astronomischen Strahlenbrechung (Refraction) zu nennen. Er kam darauf durch eine Mondfinsterniß, welche gerade zur Zeit des Sonnenunterganges eintrat. Da Sonne, Erde und Mond unter solchen Umständen in gerader Linie stehen müssen, so ist es nothwendig, daß die Sonne in Westen verschwinde, wenn der Mond in Osten aufgeht. Anstatt dessen erblickte man aber die Sonne noch über dem westlichen Horizont, während der Mond verfinstert über den östlichen Horizont sich erhob. Die richtige Erklärung, daß nämlich das Licht durch die Luft von der geraden Linie abgelenkt wird, und die Gestirne höher scheinen, als sie wirklich sind, erkannte Cleomedes, obwohl er der damaligen Vorstellungsweise zufolge annahm, daß das Licht vom Auge ausgehe und die Objecte erreiche.

164. Ptolemäus. Wir kommen nun zu Ptolemäus (129—141 v. Chr.), der nahe 1500 Jahre hindurch als Begründer der Astronomie und als erste Auctorität in dieser Wissenschaft betrachtet worden ist. Ob ihm die Anerkennung mit Recht gebühre, welche ihm von seinen Zeitgenossen und vielen spätern Generationen zu Theil geworden ist, haben neuere Untersuchungen sehr in Frage gestellt, indem sich mit Bestimmtheit nachweisen läßt, daß ein beträchtlicher Theil dessen, was sein Almagest enthält, von frühern Astronomen und namentlich von Hipparch entnommen wurde; gleichwohl ist auf der andern Seite kein Zweifel, daß er außer dem Verdienst, das ganze astronomische Wissen seiner Zeit zu einem Systeme vereiniget zu haben, auch selbst Manches entdeckt, Manches richtiger bestimmt hat. Er untersuchte die Mondbewegung und fügte neue Gleichungen hinzu. Zur Bestimmung der Mondparallaxe erfand er das Triquetrum, wovon die Zeichnung (Fig. 47) eine Idee gibt. Die mittlere Säule CD wird senkrecht gemacht mittelst des Lothes A; der Arm BC ist beweglich und trägt die Diopter oder Absehen a, b, mit welchen man ein Gestirn anvisirt. Das getheilte Lineal DE (um den Punkt D beweglich und an den Stiften F anliegend) dient zur Messung, und gibt die Sehne des Zenitwinkels BCD, wenn CF und CD gleich sind. Man erkennt an diesem höchst einfachen Instrumente (welches nach Ptolemäus anderthalb Jahrtausende in Gebrauch geblieben ist, und namentlich von Copernicus noch angewendet wurde) das Princip der verschiedenen Vorrichtungen zur Bestimmung der Zenithabstände, wodurch man zuletzt auf unsere Höhenkreise gekommen ist.

Ptolemäus bestimmte mit dem Triquetrum die Mondparallaxe, die er jedoch etwas zu groß gefunden hat. Er gab eine richtige Theorie der Sonnen- und Mondfinsternisse, auch die Sonnenparallaxe, und die unmittelbar daraus abzuleitende Entfernung der Sonne von der Erde suchte er auf eine eigenthümliche und sehr scharfsinnige Weise durch die Mondfinsternisse zu ermitteln. Ist nämlich die Größe und Entfernung der Sonne und des Mondes bekannt, so kann man leicht den Durchmesser des hinter der Erde entstehenden Schattenkegels bei A (Fig. 48), wo der Mond durchgeht, berechnen. Hat man aber den Durchmesser des Schattenkegels bei einer Mondfinsterniß wirklich beob-

Digitized by Google

achtet, so läßt sich rückwärts daraus die Entfernung der Sonne ableiten. Das von Ptolemäus gefundene Resultat weicht jedoch sehr weit von der Wahrheit ab.

Ptolemäus bestätigte das von Hipparchus erkannte Vorrücken der Sterne an der Ecliptik oder vielmehr das Zurückweichen der Tag- und Nachtgleichungs-Punkte, und setzte den Betrag auf 1 Grad (nahe um $^2/_3$ zu klein) für 100 Jahre fest. Was seinen Sternkatalog betrifft, so war sonst die Meinung angenommen, daß die von ihm für das Jahr 135 n. Chr angegebenen Sternörter auf eigene Beobachtung sich gründeten; es hat sich indessen bei schärferer Prüfung herausgestellt, daß die Sterne die von ihm verzeichneten Oerter nicht im Jahre 135, sondern im Jahre 63 n. Chr. eingenommen haben. Dieß sowohl als die sonstigen Umstände lassen keinen Zweifel übrig, daß Ptolemäus mit Hülfe der oben angegebenen Präcession die Hipparchischen Sternörter auf das Jahr 135 zu reduciren beabsichtiget hatte, sie aber in der Wirklichkeit (weil seine Präcession um $^2/_3$ ihres Betrages zu klein war) auf das Jahr 63 gebracht hat.

In neuester Zeit ist eine sehr sorgfältig bearbeitete Ausgabe des Ptolemäischen Katalogs von Baily veranstaltet worden, der zugleich einige für die jetzige Zeit merkwürdige Bestimmungen herausgehoben hat. So findet man darin den Sirius, der heut zu Tage vollkommen weiß erscheint, als „röthlich" bezeichnet (§. 104). Ein Stern in den Zwillingen (β Geminorum) wird ebenfalls als röthlich bezeichnet, während er gegenwärtig keine solche Färbung zeigt. Ein Stern vierter Größe im Eridanus wird von Ptolemäus aufgeführt, der jetzt am Himmel sich nicht vorfindet. Einen doppelten Nebelflecken (oder nebeligen Stern) gibt Ptolemäus im Auge des Schützen an, wofür wir heut zu Tage zwei Sterne fünfter Größe finden. Wo Ptolemäus und nach ihm Ulugh Beigh einen Nebelflecken in der Hand des Perseus setzte, finden wir jetzt einen Stern sechster oder siebenter Größe: auch zu den Zeiten des Hevelius ist dieser Stern nicht als Nebel bemerkt worden. Der Hauptstern (η) in den Plejaden ist von Ptolemäus gar nicht beobachtet worden, oder muß damals viel kleiner gewesen sein, als er jetzt ist.

Noch mehrere Fälle kommen vor, wo des Ptolemäus Angaben von dem jetzigen Stande des Himmels abweichen. Wenn es sich übrigens darum handelt, auf die Vergleichung der Ptolemäischen Bestimmungen mit den neueren Schlüsse zu gründen, so darf man sich nicht verhehlen, daß, wie bei allen alten Klassikern, so auch hier, viele Aenderungen durch Abschreiber eingeführt worden sind: den besten Beweis dafür liefert der Umstand, daß unter den 1028 Sternörtern des Ptolemäus 780 vorkommen, bei denen die verschiedenen Handschriften von einander abweichen. Auch darf nicht vergessen werden, daß die Messung selbst im Zeitalter des Ptolemäus keinen hohen Grad von Genauigkeit erlangt hatte, wovon besonders der Umstand, daß die alexandrinischen Astronomen die geographische Breite Alexandriens um 15 Minuten irrig bestimmt haben, ein unzweideutiges Zeugniß gibt.

Vorzugsweise durch sein System der Planetenbewegung hat Ptolemäus seinen Namen berühmt gemacht. Die Anordnung, die er den verschiedenen (damals bekannten) Körpern unseres Sonnensystems gab, stellt Fig. 49 vor. Die Mitte des Universums bildet die Erde, dann folgen nach einander der Mond, Mercur, Venus, die Sonne, Mars, Jupiter, Saturn. Das ganze System bildet demnach 7 Kreise oder, nach der damaligen Vorstellung, 7 Hohlkugeln (Sphären): noch weit über den Saturn hinaus befand sich die achte Sphäre, an welcher die Fixsterne festgemacht waren. Die sämmtlichen acht Sphären drehten sich in 24 Stunden um die Erde, und brachten die Abwechslung von

Digitized by Google

Tag und Nacht hervor. Sonne und Mond bewegten sich in Kreisen um die Erde, jedoch so, daß die Erde ein wenig außerhalb der Mitte der Kreise sich befand. Was die Planeten betrifft, so gingen sie nicht einfach in der Kreisbahn ABC (Fig. 50) herum, sondern ein kleinerer Kreis abc (Epicycl genannt), wurde in der Bahn von West nach Ost herumgetragen, während die Planeten in der Epicycl sich bewegten, und zwar von Ost nach West. Die Epicyclen wird man sogleich begreifen, wenn man die §. 117 gemachte Bemerkung berücksichtigt, daß jeder Beobachter in Folge einer natürlichen Augentäuschung veranlaßt wird, seine eigene Bewegung auf die außer ihm befindlichen Gegenstände überzutragen und diese nach entgegengesetzter Richtung sich bewegen zu lassen. Ptolemäus hat in den Epicyclen nur die Bewegung der Erde in ihrer Bahn auf die Planeten übergetragen, und insoferne es sich bloß um Darstellung der Erscheinungen handelt, ist sein System ganz richtig oder würde vielmehr ganz richtig sein, wenn die Bahnen der Planeten vollkommene Kreise wären.

165. Verfall der alexandrinischen Schule: die Araber. Nach Ptolemäus sank der Ruf der alexandrinischen Schule, und wir finden später nur Theon, Synesius und Theon's Tochter, Hypatia, (welche durch einen fanatischen Pöbelhaufen in Alexandrien ermordet wurde), erwähnt. Im Jahre 641 ward Alexandrien von den Arabern erobert, die Bibliothek verbrannt, und damit die Ergebnisse der Forschungen vieler Jahrhunderte vernichtet.

Von Egypten aus ging die Astronomie gerade auf dasjenige Volk über, welches durch Zerstörung der Alexandrinischen Bibliothek unersetzlichen Verlust für die Wissenschaften überhaupt herbeigeführt hatte, und Bagdad nahm, sobald einigermaßen politische Ruhe erfolgte, als wissenschaftlicher Mittelpunkt die Stelle von Alexandrien ein. Die Araber, mit großer geistiger Gewandtheit und weit mehr Enthusiasmus, als früher die Griechen, begabt, würden die Astronomie in hohem Grade gefördert haben, wären sie nicht unglückseliger Weise in astrologische Träumereien verfallen, wozu Zeitverhältnisse und Charakter des Volkes in gleichem Maße beigetragen haben.

Nur wenige Probleme sind von den Arabern mit einigem Erfolge behandelt worden. Die Chalifen Almamon (814) und Albategnius (879), dann Thabet (900), Ibn Junis (977) bestimmten zu verschiedenen Epochen die Schiefe der Ecliptik und trugen zur Verbesserung der Sonnentafeln bei. Almamon ließ auch auf der Ebene von Senaar einen Meridiangrad messen. Albategnius bestimmte die Excentricität der Erde und die Geschwindigkeit, womit sich die Mondbahn um die Erde bewegt (§. 38). Unter den arabischen Astronomen werden in Spanien Arzachel und Alhazen genannt: erstern hält man für den Verfasser der berühmten Toledanischen Tafeln.

Auch nach Persien, der Tartarei und Indien drang die Liebe zu den Wissenschaften, dabei hat die Astronomie stets den ersten Rang eingenommen. Wir finden unter den Fürsten eifrige Beförderer wissenschaftlicher Bestrebungen, und manche tiefe und glückliche Forscher unter den Gelehrten. Malek Schach versammelte eine Anzahl Astronomen, um die Länge des Jahres zu bestimmen, und das durch Omar Chejam ermittelte Resultat stimmt fast völlig mit den schärfsten Bestimmungen der neuesten Zeit überein. Hulagu, ein Enkel Dschingis-Chan's, errichtete in Marasch bei Tauris eine berühmte Sternwarte, und berief Nasireddin, um neue astronomische Tafeln herzustellen; anstatt ihm aber zu dieser Aufgabe, wie er verlangte, 30 Jahre Zeit zu gewähren, schrieb er ihm eine Frist von 12 Jahren vor. Es

Digitized by Google

ist hiernach kein Wunder, wenn Nassireddin's Tafeln hinter den Ptolemäischen zurückblieben.

166. Ulugh Beigh. Der Tartarenfürst Ulugh Beigh, Tamerlans Enkel, errichtete, um das Jahr 1430, in Samarkand eine große Sternwarte, und stattete sie mit den kostbarsten Instrumenten aus, worunter ein Quadrant (vielleicht nur ein Gnomon) so hoch, wie die Kuppel der Sophienkirche in Constantinopel. Bei den damit verbundenen gelehrten Untersuchungen soll er über 100 Personen angestellt haben: er selbst gab sich mit Beobachtungen ab. Seine Thätigkeit umfaßt wohl alle Theile der Astronomie, die meiste Mühe und Sorgfalt widmete er aber der Umarbeitung und Vervollständigung der Ptolemäischen Tafeln. Diese großartige Arbeit, unter dem Titel „Zig' Ulugh Beigh" bekannt, wurde 1437 vollendet, und enthält vier Theile — Epochen und Aeren — Zeitbestimmung — Planetenbewegung — Fixsternörter. Der Fixsternkatalog hat für uns am meisten Werth, weil er auf Beobachtung beruht, und ist in neuester Zeit von Baily herausgegeben worden.

Bezeichnend für die Verhältnisse der Astronomie in jenen Zeiten ist der Umstand, daß Ulugh Beigh in's Geheim von den verrätherischen Absichten seines Sohnes Abdallatif dunkel unterrichtet, sein eigenes Horoscop entwarf. Wenn der Sage Glauben geschenkt werden darf, so deutete auch das Horoscop das traurige Schicksal an, welches ihn später befiel. Abdallatif empörte sich gegen seinen Vater, den er aus Turkestan vertrieb, und setzte sich auf den Thron. Als später Ulugh Beigh nach Samarkand zurückkehrte, in der Hoffnung, Mitleid im Herzen Abdallatifs zu erwecken, wurde er auf Befehl des letztern ermordet, im Jahre 1449.

III. Periode: von der Wiedererwachung der Wissenschaften im Abendlande bis zum Anfange des 17. Jahrhunderts — Gründung des richtigen Systems der Astronomie, und Kämpfe zu dessen Befestigung.

167. Anfang wissenschaftlicher Regsamkeit in allen Theilen von Europa. Mit dem Erwachen wissenschaftlicher Bestrebungen im Abendlande fangen wir die dritte Periode an. Durch die Araber war die Astronomie nach Spanien verpflanzt worden, und fand insbesondere an König Alphons dem Weisen von Castilien, der von 1240 anfangend, Toledo zu einem Sammelplatze der Gelehrsamkeit machte, einen eifrigen Beförderer. Er berief die berühmtesten Astronomen seiner Zeit, Christen, Mauren und Juden, um neue Tafeln der Himmelsbewegungen herzustellen, welche auch im Jahre 1252, unter dem Namen „Alphonsinische Tafeln" zu Stande kamen.

Schon einige Zeit früher hatte der deutsche Kaiser Friedrich II. die Universität in Neapel wieder hergestellt, und jene in Wien gegründet, desgleichen den Schulen in Bologna und Salerno größere Wirksamkeit gegeben, und dadurch zu dem späteren wissenschaftlichen Aufschwung vorbereitend mitgewirkt. Aber nicht blos in Spanien und Deutschland, sondern fast gleichzeitig in allen europäischen Ländern treffen wir wissenschaftliche Regsamkeit an. Roger Baco in England zeichnete sich durch tiefe Kenntniß in der Optik und Astronomie aus. Sacrobosco (eigentlich Halifax oder Holywood) aus York trat als Lehrer der Astronomie an der Universität in Paris auf, und schrieb

Digitized by Google

eine Astronomie, die lange Zeit in großem Ansehen stand. Vitello oder Vitellio, ein Pole, schrieb in Italien über Optik und Refraction. Georg von Trapezunt, der auf der Insel Creta lebte, trug zur allgemeinen Kenntniß der Arbeiten Griechischer Astronomen Vieles bei.

168. Peurbach und Regiomontan, Deutschland und Italien. Bedeutsamere Fortschritte fangen aber erst mit Georg Peurbach an. Geboren im südlichen Deutschland im Jahre 1423 begab er sich frühzeitig nach Italien, und lehrte da zuerst, dann später in Wien die mathematischen Wissenschaften. Er befaßte sich mit Globen und astronomischen Instrumenten, verbesserte die Planetentafeln, verfaßte Tafeln der Finsternisse und andere Werke, bis ein frühzeitiger Tod seiner erfolgreichen Thätigkeit eine Grenze setzte: er starb im 38sten Lebensjahre, als er eben im Begriffe war, nach Italien sich zu begeben, um den Originaltext des Almagest zu studiren. Sein Schüler Regiomontanus (Johann Müller von Königsberg) trat in seine Fußstapfen, wandte sich jedoch mehr der Beobachtung zu. Er fand an Bernhard Walther, einem reichen Bürger von Nürnberg, einen Gönner und eifrigen Mitarbeiter, der unter Anderm auch eine Druckerei für astronomische Werke einrichten ließ. Der frühzeitige Tod Regiomontans (er starb als Bischof von Regensburg, in Rom, von Papst Sixtus IV. dahin berufen, an der Pest im 40sten Lebensjahre) hatte zur Folge, daß die von Walther mit großen Kosten zur Beobachtung der Gestirne getroffenen Einrichtungen wohl nicht die Früchte, welche man für die Astronomie daraus zu erwarten berechtiget war, getragen haben. Zu den vorzüglichsten Beobachtungen, welche damit hergestellt worden sind, gehören jene des großen Kometen von 1472, worüber Regiomontan eine Abhandlung mit neuen und richtigern Ansichten und Methoden bekannt gemacht hat. Bemerkenswerth ist noch, daß Walther, der die Beobachtungen fortsetzte, seit 1484 eine Uhr zur Zeitbestimmung gebraucht hat.

Bianchini in Ferrara (1458) schrieb astronomische Tafeln, und Toscanelli richtete (1468) den großen Gnomon in Florenz ein. Werner aus Nürnberg, Schoner aus Carlstadt, Stöffler, Professor in Tübingen, Apian (eigentlich Bienewitz) in Ingolstadt machten sich durch Beobachtungen und Tafeln bekannt. Hieronymus Fracastor (geboren zu Verona 1483) erkannte sehr wohl das Ungenügende des Ptolemäischen Systems; seine Versuche, den Lauf der Planeten richtiger darzustellen, waren jedoch keineswegs glücklich, weil er anstatt der Einfachheit der Natur eine höchst verwickelte und künstliche Bewegung von Sphären (wovon er im Ganzen über 70, anstatt der 8 Ptolemäischen Sphären annimmt) einzuführen suchte.

169. Nicolaus Copernicus. Die erste richtige Auffassung der Phänomene des Himmels in ihrem Zusammenhange verdanken wir dem Nicolaus Copernicus (Köpernik), geboren zu Thorn in Westpreußen am Anfange des Jahres 1473. Nachdem er auf der Universität in Cracau seine Studien vollendet, und insbesondere von dem gelehrten Albert Brudzewsky Unterricht in der Astronomie erhalten hatte, begab er sich nach Italien, damals dem Sitze aller Kunst und Wissenschaft. Nach einem längern Aufenthalte in Bologna, wo er bei dem berühmten Lehrer der Astronomie Dominicus Maria sich sowohl in der Theorie, als in der Beobachtungskunst zu vervollkommnen suchte, ging er nach Rom und wurde mit Auszeichnung aufgenommen.

Als er von Italien in sein Vaterland zurückgekehrt war, verlieh ihm sein

Digitized by Google

Oheim, der Bischof von Ermeland, ein Kanonikat an dem Dome zu Frauenberg in Ostpreußen; auch ist es wahrscheinlich, daß ihn der Magistrat von Thorn zum Probst an der dortigen Johanneskirche gleichzeitig ernannt hat. Neben einer gewissenhaften Erfüllung seiner amtlichen Obliegenheiten fing er nun an (um das Jahr 1507), mit Eifer an der Herstellung eines den Erscheinungen genauer entsprechenden Systems der Planetenbewegung zu arbeiten, und benützte dabei nicht blos die ungenügenden Beobachtungen, die von Andern vorhanden waren, sondern stellte selbst Instrumente her, um die Höhe der Planeten, und ihre Entfernung von den Fixsternen zu messen. Nahe dreißig Jahre hat Copernicus ununterbrochen fortgearbeitet, bis er ein vollständiges System der Himmelsbewegungen — Theorie und Tafeln — vollendet hatte. Er zögerte indessen, auch nach der Vollendung sein Werk, dessen Erscheinen die gelehrte Welt mit nicht geringer Spannung erwartete, zum Drucke zu geben, obwohl er einzelnen Männern Abschriften machen ließ, auch gestattete, daß der Inhalt durch einen Brief von Rheticus veröffentlicht wurde. Endlich im Jahre 1543 erschien das Werk zu Nürnberg unter dem Titel: „Nicolai Copernici Toriensis libri sex de orbium coelestium revolutionibus", eingeleitet mit einer Zuneignungsschrift an Papst Paul III. Um die damaligen gelehrten Verhältnisse richtig aufzufassen, muß man bedenken, daß zwar verschiedene griechische Philosophen die Drehung der Erde ausdrücklich gelehrt haben, und man allgemein, auch zur Zeit des Copernicus, diese Ansichten des Alterthums kannte, daß aber auf der andern Seite das Ptolemäische System schon nahe 1500 Jahre hindurch bestanden hatte, und nicht blos durch das Ansehen einer Reihe von großen Astronomen aller Länder befestiget, sondern auch durch Stellen aus der heiligen Schrift, die man darauf anwendete, in der öffentlichen Meinung zu absoluter Gewißheit erhoben worden war. Wie sehr diese Umstände der freien Meinungsäußerung und jedem Neuerungsversuche entgegenstanden, ist nicht schwer zu begreifen. Zwar spricht man von der gelehrten Welt als einer Republik, wo Jeder gleiche Rechte genießt, jedem die Freiheit zukommt, seine Ansichten mitzutheilen: wie wenig übrigens diese imaginäre Freiheit vor Unannehmlichkeiten und Verfolgung sichert, wie häufig Persönlichkeit, Religion, Politik in gelehrte Verhältnisse hineingezogen werden, dafür liefert die Geschichte aller Jahrhunderte Beweise genug.

Auch Neuerung an und für sich war geeignet, Mißgunst zu erregen. Es ist möglich, daß zu unsern Zeiten, wo man an Umwälzungen aller Art mehr gewöhnt ist, der Umsturz eines durch Alter ehrwürdig gewordenen Systems in geringerm Maße und weniger nachhaltig die öffentliche Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen würde; zur Zeit des Copernicus war es aber anders, und daraus wird man die Vorsicht begreifen, womit er sein System vorzutragen für nöthig hielt. „Den ersten Anlaß," sagt Copernicus, „eine neue Erklärung der Bewegungen der Himmelssphären zu suchen, fand ich in einer Bemerkung, die sich mir bald darbot, daß nämlich die Astronomen bei ihren schon an sich verwickelten Erklärungen nicht einmal unter einander völlig einig wären, indem sie bei der Bestimmung der Bewegung der himmlischen Körper weder dieselben Grundsätze, noch dieselben Voraussetzungen, noch auch dieselben Beweise gebrauchten. Einige bedienen sich blos der homozentrischen Kreise, andere der excentrischen und der Epicykeln, aus beiden aber kann das Gesuchte nicht völlig hergeleitet werden. Denn die erstern können zwar beweisen, daß sich mehrere verschiedene Bewegungen aus homozentrischen Kreisen zusammensetzen lassen, aber weiter auch nichts thun, um den Erscheinungen zu genügen; die letztern aber

Digitized by Google

können wohl die scheinbaren Bewegungen größtentheils durch Rechnung darstellen, lassen aber doch Manches zu, was dem allgemeinen Grundsatze von der Gleichförmigkeit der Bewegungen zu widerstreiten scheint. Die Hauptsache, die Gestalt des Weltalls und eine bestimmte Symmetrie der Theile desselben können sie nicht finden, oder aus ihren Annahmen herleiten, sondern es geht ihnen ganz eben so wie Jemanden, der Hände, Füße, Kopf und andere Glieder, die zwar an sich sehr gut gemalt, aber nicht von einem Körper genommen wären, und also nicht miteinander übereinstimmten, zusammensetzte; da denn auch eher ein Ungeheuer als ein Mensch zum Vorschein kommen würde. Es muß also im Gange ihrer Beweise entweder etwas Nothwendiges übersehen, oder etwas Fremdartiges und nicht zur Sache Gehörendes eingemischt sein; dieß würde aber keineswegs der Fall gewesen sein, wenn sie festen Grundsätzen und nicht trügerischen Hypothesen gefolgt wären, denn dann müßte sich Alles, was sich aus jenen ableiten ließe, auch in der Wirklichkeit als richtig erweisen."

„Nachdem ich nun über diese Ungewißheit in Allem, was die Astronomen über die sämmtlichen Bewegungen der Himmelssphären sagen, lange bei mir nachgedacht hatte, fing es an, mich zu verdrießen, daß die Philosophen keine gewissere Anordnung für die Bewegungen in diesem, unsertwegen von dem höchsten und ordnungsvollsten Werkmeister erbauten Weltall erforscht hätten, da sie doch sonst selbst die unwichtigsten Dinge erforschen. Deßhalb gab ich mir die Mühe, die Schriften aller Philosophen, so viel ich deren erhalten konnte, zu lesen, um zu sehen, ob nicht irgend einer von ihnen andere Bewegungen der Himmelssphären angenommen hätte, als die jetzt gebräuchlichen. Ich fand auch zuerst bei Cicero, daß Hiketas gemeint habe, die Erde bewege sich, und daß auch andere dieser Meinung gewesen, ersah ich aus folgender Stelle des Plutarch: die gewöhnliche Meinung ist, daß die Erde ruht. Philolaos, der Pythagoräer, dagegen nimmt an, daß sie sich wie Sonne und Mond in einem schiefen Kreise um das Feuer bewege. — Heraklides aus Pontus und der Pythagoräer Ekphantos geben der Erde eine Bewegung, jedoch keine fortschreitende, sondern eine rotirende, durch welche sie von Abend gegen Morgen um ihren Mittelpunkt geführt wird."

„Hieraus nahm ich Gelegenheit, selbst auch an eine Bewegung der Erde zu denken, und obgleich diese Annahme widersinnig schien, so glaubte ich doch, daß, weil Andern vor mir bekanntermaßen die Freiheit zugestanden war, beliebige Kreise zur Erklärung der Himmelserscheinungen anzunehmen, es mir auch leicht werde erlaubt werden, zu versuchen, ob ich nicht durch die Annahme einer Bewegung der Erde bündigere Beweise als jene für die Erscheinungen der Himmelskörper finden könnte. Nachdem ich also diejenigen Bewegungen angenommen hatte, welche ich der Erde beilege, fand ich endlich nach der genauesten Untersuchung, daß, wenn die Bewegungen der Himmelskörper auf die Bewegung der Erde bezogen wurden, nicht blos die beobachteten Erscheinungen sich gehörig darstellten, sondern auch die Anordnung der Bahnen der Himmelskörper unter sich und mit dem Ganzen so verbunden wurde, daß in keinem Theile, ohne Verwirrung der übrigen und des Ganzen etwas verändert werden könnte."

Obwohl die Grundzüge des Copernicanischen Systems durch die Forschung späterer Zeiten immer mehr Festigkeit gewonnen haben, und als Wahrheit zuletzt erkannt worden sind, so darf man nicht in Abrede stellen, daß das System in der Gestalt, wie es von Copernicus vorgetragen wurde, wesentliche Unvollkommenheiten enthielt. Erde, Mond und Planeten ließ er in excentrischen Kreisen sich bewegen, konnte indessen bei der Erde nur näherungsweise die Beobachtung darstellen: und als er dann auf den Mond und die Planeten

Digitized by Google

überging, gelang ihm auch jener Grad der Annäherung, womit er bei der Erdbewegung sich begnügt hatte, nicht, sondern er sah sich genöthigt, zu den Ptolemäischen Epicykeln seine Zuflucht zu nehmen, die ebenfalls, wenn Beobachtung und Rechnung verglichen wurden, keine genaue Uebereinstimmung zeigten. Auch die Ansichten, die Copernicus über die sonstigen Verhältnisse der Planeten aussprach, sind zum Theile ganz sonderlicher Art: so glaubte er, daß die Planeten entweder selbstleuchtend sein, oder die Eigenschaft haben müßten, das Sonnenlicht aufzusaugen, um es bei der Nacht wieder auszustrahlen.

Copernicus starb kurze Zeit nach der Veröffentlichung seines Systems, und so hatte er selbst deßhalb keine Kämpfe zu bestehen, obwohl der Umstand, daß man seine Annahme von der Bewegung der Erde durch einen öffentlichen Possenreißer verhöhnen ließ, eine Andeutung gibt von dem, was er zu erwarten gehabt hätte.

170. Zeitgenossen und nächste Nachfolger des Copernicus, Wilhelm, Landgraf von Hessen, Tycho de Brahe. Unter den vorzüglichsten Astronomen, die Zeitgenossen des Copernicus waren, ist Rheinhold zu erwähnen, welcher die merkwürdige Behauptung aussprach, daß die Bahn des Mondes und des Mercur oval seien, und somit gewissermaßen eine Ahnung der Kepler'schen Entdeckungen gehabt zu haben scheint. Auf die Beobachtungen des Ptolemäus und Copernicus gründete er seine Tabulæ Prutenicæ, die an Genauigkeit die frühern Tafeln übertrafen.

Die tiefe Bedeutung des von Copernicus gemachten Fortschrittes scheint man in der zunächst darauf folgenden Zeit nicht so genau beachtet zu haben; weder große Gegner, etwa Riccioli ausgenommen, noch große Vertheidiger traten auf, wahrscheinlich, weil die Aufmerksamkeit der Astronomen auf andere Gegenstände gelenkt wurde, und die Tendenz mächtig hervortrat, durch Beobachtung vorerst die Phänomene des Himmels richtiger kennen zu lernen. In diesem Sinne arbeitete Tycho und Wilhelm IV., Landgraf von Hessen. Letzterer ließ in Cassel eine große Sternwarte errichten, und rüstete sie mit den vortrefflichsten Instrumenten aus. Er berief Christoph Rothman und Justus Byrg, einen Schweizer, und stellte mit ihrer Beihülfe einen Catalog von 900 Sternen her. Auch mit der Sonnenparallaxe beschäftigte er sich, fand sie aber für seine Instrumente nicht meßbar. Um diese Zeit scheint die Methode aufgekommen zu sein, die Durchgänge der Sterne zu beobachten mittels eines um eine horizontale Axe drehbaren Diopters, und zwar wurde das Instrument ebenso wohl außer als im Meridian gebraucht, bis Hagecius letztere Aufstellung als die allein vortheilhafte einführte. Wir sehen hier den Ursprung unsers Mittagsrohrs (Passage-Instruments), dessen Wichtigkeit für die Astronomie wir bereits (§. 142 u. ff.) angedeutet haben.

Tycho de Brahe, geboren zu Knudstrop in Dänemark gegen das Ende des Jahres 1546, kann als der Gründer der Beobachtungskunst betrachtet werden, und ist nicht minder wegen seiner Schicksale, als wegen seiner großen Verdienste um die Astronomie merkwürdig. Schon frühzeitig wendete er sich mit eben so viel Ausdauer als Geschicklichkeit und Glück der Sternkunde zu, hatte indessen bis zur Vollendung seiner Studien, die er in Copenhagen und Leipzig machte, viel mit den Vorurtheilen seiner Verwandten und seiner nächsten Umgebung zu kämpfen, welche wissenschaftliche Beschäftigungen als herabwürdigend für einen Edelmann ansahen. Er überwand alle Schwierigkeiten mit der Unbeugsamkeit, die er im ganzen Verlaufe seines Lebens bewies, fand sich aber bewogen, sein Vaterland zu verlassen, und in Wittenberg, später in Rostock und Augsburg vorübergehend seinen Aufenthalt zu nehmen. In letzterer

Digitized by Google

Stadt wurde er mit einem Patrizier, Hainzel, bekannt, der viel Sinn für Astronomie hatte, und nach Tycho's Angaben einen Quadranten von $17\frac{1}{2}$ Fuß Halbmesser in seinem Landhause in Göckingen aufstellen ließ.

Im Jahre 1571 kehrte er nach Dänemark zurück, und erhielt von seinem Oheim Sten Bille unweit seines Geburtsortes einen geeigneten Platz, wo er eine Sternwarte, und in Verbindung damit ein chemisches Laboratorium erbauen konnte. Hier bemerkte er am 11. November 1572 jenen wunderbaren Stern, welcher plötzlich in dem Sternbilde der Cassiopeja erschien (§. 106): die von Tycho darüber in Copenhagen veröffentlichte Abhandlung trug nicht wenig dazu bei, ihm die öffentliche Aufmerksamkeit zuzuwenden, und gab Veranlassung zu den ein Jahr später von ihm an der dortigen Universität begonnenen Vorlesungen. Bald darauf verließ indessen Tycho aufs Neue Dänemark, um den Landgrafen Wilhelm IV. in Cassel zu besuchen, von da begab er sich nach Venedig und Basel. In letzterer Stadt beabsichtigte er, seinen bleibenden Aufenthalt zu nehmen, gab indessen dieses Vorhaben auf, als ihn König Friedrich II. von Dänemark auf Empfehlung des Landgrafen von Cassel in seinen besondern Schutz nahm, ihm die Insel Hveen als Eigenthum übergab, und daselbst, mit großen Kosten, eine Sternwarte, oder richtiger, ein physikalisches Observatorium, wo außer der Astronomie die verschiedenartigsten Zweige physikalischer und chemischer Untersuchung berücksichtiget wurden — Uranienburg von ihm genannt — erbauen ließ. Eine bedeutende Anzahl Instrumente, in einer Vollkommenheit, wie man sie bisher nirgends gehabt hatte, wurden auf Befehl des Königs nach Tycho's Angaben hergestellt, geschickte Rechner und Beobachter ihm beigegeben, und im Jahre 1582 war Uranienburg in voller Thätigkeit begriffen. Niemals waren vorher so genaue Ortsbestimmungen der Gestirne gemacht worden, und nie vielleicht solche, die einen glücklichern Erfolg für die Wissenschaft herbeiführten; denn auf Tycho's Beobachtungen hat später Kepler die Entdeckung der Bewegungsgesetze begründet.

Das große Ansehen, welches Tycho im In- und Auslande genoß (auch von König Jakob II. von Schottland erhielt er einen Besuch in Uranienburg) scheint ihm am Hofe Mißgunst erregt zu haben. Die feindseligen Bemühungen seiner Gegner traten nach dem Tode Friedrichs II. mit immer größerm Erfolge hervor. Nicht blos wurde ihm seine Besoldung genommen, sondern auch andere Hindernisse seiner Thätigkeit in den Weg gelegt, bis endlich der Minister Walkendorp durch ein förmliches Verbot, Astronomie oder Chemie ferner zu betreiben, ihn zwang, sein Vaterland auf immer zu verlassen.

Tycho fand zunächst einen Zufluchtsort in der Nähe von Hamburg bei Heinrich von Ranzow, und gab da die Beschreibung seiner Instrumente (Astronomiæ instauratæ Mechanica) heraus. Kaiser Rudolph, ein Verehrer der Wissenschaften, dem er dieses Werk zueignete, berief ihn später nach Prag, und wies ihm einen beträchtlichen Gehalt und einen erwünschten Wirkungskreis an. Nachdem er ungefähr zwei Jahre mit Longomontanus und Kepler hier beobachtet hatte, befiel ihn eine hitzige Krankheit, und er starb am 24. Oktober 1601 im 55sten Lebensjahre mit dem Ausrufe: „Ich habe nicht umsonst gelebt!"

Das System der Planetenbewegung, wodurch Tycho das Copernicanische System ersetzen wollte, und wornach die sämmtlichen Planeten, mit Ausnahme der Erde, übereinstimmend mit der Annahme des Copernicus, um die Sonne sich bewegen, während die Sonne selbst mit ihrer ganzen Begleitung um die Erde als ruhenden Mittelpunkt geht, müssen wir hier wenigstens

Digitized by Google

historisch erwähnen, obwohl es von Tycho selbst niemals näher begründet worden ist, auch in keiner Weise den Erscheinungen des Himmels genügen kann. Die Einwendungen, die er gegen die Hypothese des Copernicus vorbringt, beruhen darauf, daß er, den Ansichten seiner Zeit folgend, die Gesetze der Bewegung und die Verhältnisse der Erde nicht hinreichend genau aufgefaßt hatte, auch die Meinung festhielt, daß eine Bewegung der Erde mit dem klaren Sinne der heiligen Schrift unvereinbar sei. Tycho's System war, während er selbst noch lebte, in Vergessenheit gefallen.

171. Kepler. Von Tychos Arbeiten führt uns die Zeitfolge sowohl, als der innere Zusammenhang unmittelbar auf die Entdeckungen Keplers, den wir schon oben als Tychos Mitarbeiter erwähnt haben, und den Kaiser Rudolph i. J. 1601 zu dessen Nachfolger als „kaiserlichen Mathematiker" ernannt hat. Kepler hatte sich zur Aufgabe gewählt, Planetentafeln nach den Beobachtungen Tychos herzustellen, und untersuchte insbesondere die Bahn des Mars. Es schwebte ihm die Idee vor, daß in der Einrichtung des Weltsystems Einfachheit und Symmetrie sich vorfinden müssen, ferner daß die Bewegung nothwendig durch physische Kräfte hervorgebracht sein werde. Vor ihm hatte man überhaupt nur Bahnen für die Planeten gesucht, ohne sich darum kümmern, wie vielerlei Kräfte oder Bedingungen nöthig wären, um die Planeten herumzuführen. Die Methode, die Kepler bei Untersuchung der Planetenbewegung befolgte, bestand blos in Versuchen, welche er mit unendlicher Geduld und Ausdauer 17 Jahre hindurch fortgesetzt hat. Als Früchte seiner Bemühungen erkannte er folgende drei Gesetze der Planetenbewegung, die jetzt noch unter dem Namen der Kepler'schen Gesetze bekannt sind.

I. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne sich befindet.

II. Die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten sich wie die dritten Potenzen der mittlern Entfernungen.

III. Die Bewegung in der Ellipse geschieht so, daß in gleichen Zeiten gleiche Räume beschrieben werden.

Damit war Einfachheit und Harmonie in dem Weltsysteme hergestellt, und Beobachtung und Rechnung näherten sich unter allen Umständen so sehr, daß an der Richtigkeit der Gesetze kein Zweifel gehegt werden konnte: was aber die Ursache betrifft, welche die elliptische Bewegung hervorbringt, so war Kepler noch weit entfernt, darüber sich Rechenschaft geben zu können, und während er hie und da die wahren Verhältnisse vollkommen richtig ausdrückt, zeigt der ganze Zusammenhang, daß er dennoch nur unsichere und schwankende Ideen über den Grund der planetarischen Bewegung hatte. „Die wahre Theorie der Schwere," sagt er, „stützt sich auf folgende Grundsätze: Wenn zwei Steine in irgend einem Punkte des Weltraums außer der Wirkungssphäre eines dritten Körpers von gleicher Beschaffenheit sich befänden, so würden diese zwei Steine gleich zwei magnetischen Körpern in einem dazwischen liegenden Punkte zusammenkommen, und jeder einen Weg zurücklegen, der im Verhältnisse zur Masse des andern wäre. Wären der Mond und die Erde nicht durch eine Seelen- oder sonstige analog wirkende Kraft in ihren Bahnen zurückgehalten, so würde die Erde gegen den Mond sich hinaufbewegen um den 54ten Theil des Zwischenraumes, und der Mond käme herunter um 53 Theile, und da würden sie zusammenstoßen, vorausgesetzt immer, daß die Substanz beider dieselbe Dichtigkeit habe. Wenn die Erde aufhören würde, die Gewässer anzuziehen, so müßte das ganze Meer sich erheben, und auf den Mond hinüberfließen." Was Kepler unter Seelenkraft (ich übersetzte so den Ausdruck vis animalis, indem

Digitized by Google

ich letzteres Wort von anima, Seele, ableite) verstanden hat, scheint in einer andern Stelle eine Erläuterung zu finden, wo er die Idee ausspricht, daß ein Engel in der Mitte der Sonne möglicher Weise sich aufhalten könne, der die Planeten leite, und, mit außerordentlich scharfem Gesichte begabt, nach ihrem scheinbaren Durchmesser beurtheile, wann er sie näher ziehen oder weiter hinauslassen solle, damit sie in der elliptischen Bahn verbleiben.

Keplers Planetentafeln — Tabulæ Rudolphinæ — blieben noch ein Jahrhundert hindurch in allgemeinem Gebrauche; sie sind auch einigermaßen deßhalb merkwürdig, weil darin zuerst die von Neper (1614) erfundenen Logarithmen, (die später ein so mächtiges Hülfsmittel astronomischer Forschung geworden sind) in Anwendung gebracht wurden. Außer mehreren astronomischen Schriften hat Kepler auch eine Dioptrik veröffentlicht.

Keplers Leben war weit entfernt, jenen ruhigen und gleichmäßigen Verlauf darzustellen, den man in der Regel bei einem abstrakt wissenschaftlichen Berufe zu erwarten berechtigt ist; nirgends war für ihn ein bleibender Sitz zu finden, und Widerwärtigkeiten folgten fast in ununterbrochener Reihe aufeinander. Zuerst als Professor nach Gratz berufen, verließ er bald seine Stelle, um in Prag mit Tycho zu arbeiten; von da wurde er später vom Kaiser Mathias nach Linz gezogen, wo er in ungünstigen Verhältnissen lebte, bis endlich im Jahre 1630 bessere Aussichten für ihn sich eröffneten, indem er eine Professur in Rostock erhielt. In demselben Jahre begab er sich nach Regensburg, um die Auszahlung seiner rückständigen Besoldung zu erwirken, kehrte aber nicht wieder zurück; Krankheit und Kummer hatten ihn schon niedergebeugt, und er erlag am 15. November 1631.

Die Sage, daß er Hungers gestorben sei, ist wohl nur eine Uebertreibung, da das aufgefundene Verzeichniß seiner Verlassenschaft keineswegs auf so ungünstigen Vermögensstand zu schließen gestattet.

172. Das Fernrohr; Galilei. Fast gleichzeitig mit der Entdeckung der wahren Form der Planetenbahnen gelangte eine Erfindung an den Tag, welche das Reich der Astronomie erweitert, und astronomischer Untersuchung überhaupt eine neue Gestalt gegeben hat. Zacharias Janfen zu Middelburg soll der erste gewesen sein, der am Anfange des 17. Jahrhunderts (wahrscheinlich durch Zufall) darauf geführt wurde, aus Glaslinsen ein Fernrohr zusammenzusetzen, und seit 1609 finden wir das Fernrohr schon ziemlich allgemein zu astronomischen Beobachtungen gebraucht. Man wird Schwierigkeit finden, sich eine richtige Vorstellung von den damaligen Verhältnissen zu machen, wo ein neues und unermeßliches Feld erfolgreicher Forschung mit einem Male aufgeschlossen wurde. Die Erfindung des Fernrohrs mag für die Astronomie ungefähr das gewesen sein, was die Entdeckung Amerikas für die Geographie und die Naturwissenschaften war: jeder Tag führte eine neue Erweiterung menschlicher Erkenntniß herbei, und jede auch noch so geringe Bemühung wurde durch die reichlichsten Früchte belohnt. Einerseits die in rascher Folge entdeckten Merkwürdigkeiten des Himmels sowohl, als sonstige Fortschritte dieser Epoche, andererseits der lebhafte Verkehr der Gelehrten aller Länder macht das 17te Jahrhundert zu einem der bewegtesten Zeiträume in der Geschichte der Wissenschaft. Die Jupiters-Trabanten und der Andromeda-Nebel (von Simon Marius) die Sonnenflecken (von Scheiner), die Phasen der Venus und die eigenthümliche Gestalt des Saturn, die Mondflecken, die Libration des Mondes (von Galilei) waren die ersten Früchte teleskopischer Untersuchung. Die Gesetze der Bewegung frei fallender Körper, dann die Gesetze des Pendels von Galilei entdeckt, trugen bei, den Weg zur Gravitationstheorie zu bahnen.

Digitized by Google

Es ist unmöglich die Entdeckungen dieses großen Forschers zu erwähnen, ohne der traurigen Schicksale zu gedenken, in welche ihn die eigenthümlichen Verhältnisse jener Zeit hineinzogen. Dafür, daß er das Copernikanische System öffentlich vertheidigte, wurde in Rom eine gerichtliche Untersuchung gegen ihn eingeleitet, und er mußte das Versprechen abgeben, künftig die Bewegung der Erde weder mündlich noch schriftlich zu lehren. Er hielt aber dieses Versprechen nicht, und die Folge war, daß man einen neuen Prozeß gegen ihn im Jahre 1633 wegen Ungehorsams anhängig machte. Er mußte seine vorgeblichen Irrthümer widerrufen und wurde nach Arezzo bei Florenz verbannt, wo er bald völlig erblindete. Er starb am 8. Januar 1642 im 78sten Jahre seines Lebens. Bemerkenswerth ist, daß, während Galilei einem so traurigen Geschicke unterlag, die neue Lehre sonst ohne ähnlichen Widerspruch oder Belästigung vorgetragen, zum Theile sogar von den höchsten kirchlichen Würdeträgern gefördert wurde. Mag übrigens auch, wie von einigen Geschichtschreibern zu erweisen gesucht wurde, persönliche Feindschaft und politische Verfolgung zu Grunde gelegen sein und überhaupt Manches sich ganz anders verhalten, als gewöhnlich angenommen wird, so ist jedenfalls der Umstand, daß die öffentliche Gewalt von so abstrakt wissenschaftlichen Ansichten Kenntniß nahm, bedauernswerth genug.

173. Hevelius, Dörfel, Huyghens. Hevelius (Hevelke) in Danzig gab die erste genauere Beschreibung der Oberfläche des Mondes und beobachtete außerdem mit großem Fleiße in dem langen Zeitraume von 1640 bis 1687 Sternpositionen, Kometen und verschiedene andere Phänomene des Himmels und mag schon deßhalb Erwähnung verdienen, weil er der letzte Astronom war, der Diopter anstatt eines Fernrohres an seine Kreisinstrumente anbrachte. Hevelius war ein besonders fruchtbarer Schriftsteller und würde weit größeres Ansehen erlangt haben, wenn er in gleichem Maaße durch die Gründlichkeit wie durch den Umfang seiner Werke sich ausgezeichnet hätte.

Bei Gelegenheit des großen Kometen von 1680 erkannte Dörfel, daß die Kometen in Parabeln sich bewegen, so zwar, daß die Sonne im Brennpunkte sich befindet, ein Resultat, welches Hevel, obwohl unvollständig, bereits erlangt hatte.

In demselben Zeitraume untersuchte Huyghens mit großen Fernröhren (die damaligen Fernröhre mußten auch bei mäßiger Oeffnung sehr lang sein, weil das Objectiv nur aus einer einzigen Linse bestand und die Farben nicht aufhob) die Planeten und erkannte die wahre Gestalt des Saturnringes, die Streifen auf dem Jupiter, das hellere Licht auf der Polarzone des Mars, auch entdeckte er den sechsten Saturns-Satelliten, der jetzt noch deßhalb den Namen des Hugenischen führt. Ist seine Beobachtung und Zeichnung des Orionnebels richtig (was freilich sehr zweifelhaft ist), so muß an diesem merkwürdigen Gegenstande seit Huyghens Zeiten eine große Aenderung vorgegangen sein. Auch die Erfindung des Uhrpendels und des Mechanismus in den Taschenuhren, welcher die Stelle des Pendels vertritt, verdanken wir demselben Gelehrten, dessen Thätigkeit über alle Theile der mathematischen Wissenschaften sich erstreckte. Die Idee der Längenbestimmung zur See, von Galilei vorbereitet — (er schlug die Jupitersstrabanten vor) — bildete Huyghens aus, und stellte wenigstens die Hauptbedingungen fest.

174. Dom. Cassini, Römer. Dom. Cassini gehörte zu den gefeiertesten Astronomen des 17. Jahrhunderts. Von König Ludwig XIV. aus Italien, wo er schon mit großem Erfolge Beobachtungen gemacht hatte, nach Paris im Jahre 1669 berufen, gründete er den Ruhm der dortigen Sternwarte. Seine Arbeiten sind sehr mannigfaltig und umfaßten Astronomie, Geodesie, Erdmagnetismus: zugleich rief er, vermöge seines allgemein geltenden

Digitized by Google

Einflusses, erfolgreiche Thätigkeit anderer Astronomen hervor. So veranlaßte er Richer's Reise nach Cayenne im Jahr 1671, eine Reise, die theils als die erste größere wissenschaftliche Expedition, theils durch die astronomischen Resultate, insbesondere aber durch Richer's Wahrnehmung, daß ein in Paris regulirtes Secundenpendel am Aequator langsamere Schwingungen machte, und erst nach einer Verkürzung von $1\frac{1}{4}$ Pariser Linien wieder Sekunden gab, denkwürdig geworden ist. Cassinis astronomische Untersuchungen bezogen sich vorzugsweise auf die Planetenoberflächen: er brauchte dabei Fernröhre von riesenhafter Länge, bestehend aus einer einzigen Objektivlinse, die an einem hohen Pfahl, oder wo es die Größe erforderte, an einem Kirchthurm befestiget wurden, und einem Ocular, welches der Beobachter in der Hand hielt. Die Verbindung beider war durch eine Schnur hergestellt. So unbehülflich diese Einrichtung sein mußte, so war die Wirkung der Fernröhre nicht unbedeutend, wie insbesondere aus der Entdeckung von 4 der kleinern Saturns-Satelliten, dann aus der Wahrnehmung der Rotation des Jupiter und Mars sich erweist. Besondere Erwähnung verdienen die von Cassini vorgenommenen Beobachtungen des Zodiacallichtes, weil sie die ersten sind, und vor dieser Epoche Niemand das Dasein des Zodiacallichtes wahrgenommen hatte. Cassinis unermüdete Thätigkeit erstreckte sich über einen Zeitraum von 43 Jahren; er starb erblindet, wie Galilei, im Jahre 1712.

Gleichzeitig mit Cassini lebte der Dänische Astronom Olaus Römer, der zum Theile durch die Verbesserung der Beobachtungshülfsmittel, besonders aber durch Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ein bleibendes Andenken hinterlassen hat.

175. Newton. Nach einer langen Aufzählung einzelner Fortschritte, theils in der Beobachtung, theils in der Erkenntniß des Zusammenhanges der Erscheinungen, nach Erklärung der tief eingreifenden Ideen und Forschungsresultate von Copernicus und Kepler kommen wir nun auf einen Mann, der ungezweifelt einer der scharfsinnigsten Denker und tiefsten Analytiker der vergangenen Jahrhunderte war; der den verborgenen Zusammenhang des Weltalls aufdeckte, und die mannigfaltigen Objecte und Wirkungen, die wir am Himmel wahrnehmen, als Theile eines großen Ganzen, als Folgen eines einzigen allgemeinen Gesetzes mit einander verband. Indem die Natur an Newton einen Mann von außergewöhnlicher Geistesgröße in's Dasein rief, hatte sie, nach dem Ausdrucke von Laplace, die Vorsicht, ihn gerade in dem Zeitraume auftreten zu lassen, wo die Vorbereitungen schon getroffen und alle Bedingungen glücklich anzuwendender Thätigkeit vereiniget waren. Descartes hatte die aus früherer Zeit herübergekommenen Schul-Ideen erschüttert, ohne übrigens durch seine Wirbel Besseres an ihre Stelle zu setzen, er hatte aber auch, was weit wesentlicher ist, die Anwendungssphäre der Geometrie erweitert: durch Fermat war der höhere Calcul vorbereitet, durch Wallis, Wren, Huyghens und Galilei die Bewegung der Körper, so weit sie an der Oberfläche der Erde vorkommt, theoretisch untersucht worden. Die Mittel und der Weg, zu den Bahnen der Himmelskörper überzugehen, lagen also vor Augen: der Uebergang war außerdem noch erleichtert durch die Arbeiten von Copernicus und Kepler, und durch die Spekulationen mehrerer Naturforscher, insbesondere des Fermat, Roberval und Hooke, welche die Idee von gegenseitiger Anziehung der Körper, unter Hinweisung auf die bekannte Wirkungsweise der magnetischen Kraft, entwickelt, und die Anwendbarkeit dieser Idee auf das Planetensystem mit mehr oder weniger Bestimmtheit ausgesprochen hatten.

Um übrigens richtig die Verdienste Newton's zu würdigen, muß man

Digitized by Google

nicht vergessen, daß die Speculation unendlich viele Kräfte fingiren kann, die alle gleich gut zu einer allgemeinen Erklärung der Phänomene geeignet sind, und daß die speculative Möglichkeit einer Erklärungsweise dem Analytiker noch keine eigentliche Grundlage gewährt. Die Entdeckung Amerikas war nicht weniger verdienstlich deßhalb, weil schon vor Columbus die vage Idee von einem westlich gelegenen Continente vorhanden war, und die Erforschung der wahren Gestalt der Kometenbahnen ist dadurch nicht erleichtert worden, daß anderthalb Jahrtausende vor Dörfel schon Seneca von gesetzmäßiger Bewegung der Kometen gesprochen hat, und deren einstige Entdeckung für wahrscheinlich und wünschenswerth hielt.

Die Art und Weise, wie Newton zur Erkenntniß des allgemeinen Gravitationsgesetzes gelangte, ist nach der Erzählung seines Zeitgenossen und Freundes Pemberton ungefähr folgende.

Als in Cambridge im Jahre 1666 die Pest ausgebrochen war und Newton sich auf das Land zurückzog, hatte er die Schwerkraft, wie wir sie an der Oberfläche der Erde beobachten, zum Gegenstande seiner Speculation gemacht. Ein Stein fällt auf ebenem Lande mit einer gewissen Kraft gegen den Mittelpunkt der Erde hin, und wenn man auf einen Berg hinaufgeht, also weiter von dem Mittelpunkte der Erde entfernt ist, so findet man, daß der Stein fast mit derselben Kraft fällt. Es scheint demnach, daß die Anziehungskraft, in dem Maaße als man sich von dem Mittelpunkte der Erde entfernt, wenigstens sehr langsam abnimmt, und in diesem Falle kann sie noch weit in den Raum hinaus wirksam sein. Wenn dieß richtig ist, so dachte Newton, wer weiß, ob sie nicht gar bis zum Monde hinaufreicht, und diesen in seiner Bahn erhält? Ist aber solches der Fall, so wird wohl auch die Sonne in derselben Weise die Planeten in ihren Bahnen erhalten. Hiemit war ein Anhaltspunkt gewonnen; denn da man aus dem zweiten Kepler'schen Gesetze das Verhältniß zwischen der Umlaufszeit (also auch zwischen der Geschwindigkeit) und der Entfernung der Planeten kennt, so läßt sich berechnen, falls in der Sonne eine ähnliche Anziehungskraft, wie in der Erde ist, nach welchem Verhältnisse diese mit der Entfernung abnimmt. Newton führte die Rechnung aus und fand, daß die Anziehungskraft abnehmen müsse in demselben Maaße, als die Quadrate der Entfernungen zunehmen. Dieses Resultat wendete er nun auf den Mond an und untersuchte, ob die Anziehungskraft, wie wir sie an der Oberfläche der Erde beobachten, wenn sie bis zum Monde nach obigem Gesetze abnimmt, im Stande sei, den Mond in seiner Bahn zu erhalten. Dazu mußte er die Entfernung der Erdoberfläche sowohl, als die Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde wissen. Erstere Größe nahm er, den irrigen Bestimmungen jener Zeit zufolge, unglücklicher Weise um $\frac{1}{6}$ zu klein an, und gelangte so zu dem Resultate, daß die Anziehungskraft der Erde nicht im Stande sei, den Mond in seiner Bahn zu erhalten. Später durch Hooke auf den Gegenstand zurückgeführt, setzte Newton die eben von Picard aus seiner Gradmessung abgeleitete Größe des Erdhalbmessers in die Rechnung, und es zeigte sich nun, daß man keiner andern Kraft als der Anziehungskraft der Erde bedürfe, um das Verbleiben des Mondes in seiner Bahn zu erklären.

Wie Newton, auf diese erste Grundlage fortbauend, mit Hülfe neuer Rechnungsmethoden, die er erfand, die Bewegung der Planeten um die Sonne, der Satelliten um die Planeten in Ellipsen, dann die parabolischen Bahnen der Kometen, die abgeplattete Figur der Erde, das Zurückweichen der Tag- und Nachtgleichen, die Ebbe und Fluth, die planetarischen Störungen aus der Anziehung ableitete, wollen wir nicht im Einzelnen nachweisen, sondern begnügen

Digitized by Google

uns, das Resultat anzuführen, daß nämlich alle Erscheinungen der Planetenbewegung als nothwendige Folgerungen sich darstellen, wenn man jedem Himmelskörper, wie überhaupt jedem materiellen Elemente, eine Anziehungskraft im Verhältnisse seiner Masse beilegt.

Einige Angaben aus dem Leben dieses merkwürdigen Mannes mögen hier Platz finden. Er war gegen Ende des Jahres 1642 in Woolstrop geboren und studirte in Cambridge unter Barrow; später wurde er zu dessen Nachfolger ernannt. Er repräsentirte die Universität in den Parlamenten von 1688 und 1701. Die Regierung ernannte ihn zum Münzdirektor; die Königin Anna verlieh ihm die Ritterwürde und die kgl. Societät erwählte ihn zum Präsidenten, eine Stelle, die er von 1705 bis zu seinem Tode im Jahre 1727 bekleidete. Außer seinen astronomischen Arbeiten hat er auch die Optik neu begründet, zur Vervollkommnung der Spiegeltelescope beigetragen und den höhern Kalcul (wahrscheinlich gleichzeitig mit Leibnitz) erfunden; Verdienste, die auch ohne seine astronomischen Entdeckungen ihm unsterblichen Ruhm erworben hätten. Von Natur aus gutmüthig und friedliebend, scheute er sich in hohem Maaße vor literarischen Fehden und dieß ist Veranlassung geworden, daß er lange gezögert hat, seine Werke herauszugeben. Er genoß während seines langen ungetrübten Lebens allgemein die höchste Achtung, und nach seinem Tode erwies man ihm die öffentlichen Ehren, welche großem Verdienste gezollt werden. Newton liegt in der Westminster-Abtey begraben *).

176. Flamsteed, Halley. Durch Newton's umfassende Entdeckungen ist die Theorie der Beobachtung weit vorangeeilt: es konnte indessen nach dem gewöhnlichen Entwickelungsgange der Wissenschaft nicht fehlen, daß eben dadurch auch von dieser Seite erfolgreiche Bestrebungen hervorgerufen wurden. Von wesentlichem Erfolge in dieser Hinsicht war die zu Lebzeiten Newtons gegründete Sternwarte in Greenwich, wovon die drei ersten Astronomen Flamsteed, Halley und Bradley hier eine besondere Erwähnung erfordern.

Flamsteed hat die Sternörter durch neue Beobachtungen festzusetzen gesucht, jedoch nur theilweise mit Erfolg, weil es damals noch nicht bekannt war, daß die Refraction von der Temperatur und dem Drucke der Luft abhängt. Halley, früher hauptsächlich mit magnetischen Untersuchungen beschäftiget, leistete der Astronomie einen wesentlichen Dienst, indem er nachwies, daß aus den Durchgängen der Venus über die Sonne die Entfernung der Sonne, — ein Problem, welches vom Anfange astronomischer Forschung so oft versucht worden war, — bestimmt werden könne; deßgleichen zeigte er, daß die Länge zur See aus Monddistanzen sich bestimmen lasse. Aber auch ohne diese und viele andere Verdienste Halley's würde sich sein Name verewigt haben, durch die einzige Entdeckung, daß die Kometen unserm Sonnensystem angehören. Während man allgemein angenommen hatte, daß sie in paraboliſchen Bahnen der Sonne sich nähern und dann wieder in den Weltraum auf immer sich hinausbegeben, kam Halley durch Berechnung und Vergleichung früher erschienener Kometen auf die Idee, daß der im Jahre 1682 beobachtete Komet mit den 1607 und 1531 gesehenen identisch sei, und nachdem er später gefunden hatte, daß 1456, 1380 und 1305 Kometen erschienen waren, so zweifelte er nicht mehr, daß es sich um einen periodisch wiederkehrenden Himmelskörper handle, der in 75 bis 76 Jahren seinen Lauf vollende. Hiernach verkündete er seine Rückkunft auf das Ende

*) Newton gehörte zum Dreifaltigkeits-Collegium in Cambridge, wo ich bei einem Besuche vor einigen Jahren seine Uhr, sein Telescop, seine Papiere und manche andere Reliquien aufbewahrt gesehen habe.

Digitized by Google

von 1758 oder den Anfang von 1759. Schon anderthalb Jahre früher hatte Messier angefangen, den erwarteten Kometen aufzusuchen, auch Lalande, Klinkenberg und Andere waren damit beschäftiget: das Glück und die Ehre, den Kometen zuerst erkannt zu haben, wurde indessen keinem von diesen, sondern dem Landmann Palitsch in der Nähe von Dresden zu Theil, der mit gründlichen Kenntnissen und mit Instrumenten versehen, den Himmel fleißig zu durchsuchen gewohnt war. Der Komet ist seit seiner Rückkehr unter dem Namen des Halley'schen bekannt. Halley selbst erlebte die Bestättigung seiner Voraussagung nicht; er starb 1742 in einem Alter von 86 Jahren.

177. Bradley. Bradley ist ungezweifelt der größte Beobachter, den die Geschichte der frühern Jahrhunderte aufzuweisen hat. Mit neuen scharfsinnig construirten und eben so scharfsinnig angewendeten Instrumenten erkannte er an den Fixsternen eine allmälige Ortsveränderung, vermöge welcher sie ein halbes Jahr nach Osten und ein halbes Jahr nach Westen, und zwar auf der Ecliptik in gerader Linie, gegen den Nord- und Südpol aber in Ellipsen sich zu bewegen scheinen. Er schloß ganz richtig, daß die Erscheinung mit der jährlichen Bewegung der Erde zusammenhängen müsse, und entdeckte auch bald die Ursache in der Fortpflanzung des Lichtes. Er bezeichnete diese scheinbare Bewegung der Sterne mit dem Namen Aberration (§. 114). Aber auch nach Hebung der Aberration blieb eine von Jahr zu Jahr fortschreitende kleine Aenderung übrig, die er einer Schwankung der Erdaxe (daß eine solche möglicher Weise statt finden könne, hatten schonfrühere Astronomen ausgesprochen) zuzuschreiben geneigt war. Erst nachdem er über neun Jahre (also über einen halben Umlauf der Mondknoten) seine Beobachtungen fortgesetzt hatte, kam er zu dem Schlusse, daß in der Wirklichkeit ein periodisches Schwanken (eine Nutation) des Erdsphäroids, durch die Anziehung des Mondes veranlaßt, stattfinde. Bradley's vortreffliche Beobachtungen haben erst in neuerer Zeit eine entsprechende Bearbeitung gefunden, sie sind von Bessel zur Grundlage der neuern Astronomie gemacht worden. Mit Bradley schließen wir diese Epoche, die als Gründungsepoche zu bezeichnen ist.

IV. Periode: vom Anfange des 17. Jahrhunderts bis auf die neueste Zeit, — methodische Ausbildung der Astronomie.

178. Eintheilung. Mit dem Ende der vorigen Periode war die Reihe astronomischer Entdeckungen geschlossen: die ganze Wissenschaft — Form und Inhalt — lag, aber nur als Skizze, klar vor Augen da. Es glich die Astronomie gewissermaßen einem neuentdeckten Lande, dessen Inneres noch im Einzelnen zu untersuchen übrig blieb. Dieser Untersuchung wandte sich die Folgezeit zu, mit dem regsten Eifer, mit immer steigendem Kraftaufwande und mit immer steigendem Erfolge. Die Ergebnisse sind so mannigfaltig, daß wir, um nur einigermaßen eine Uebersicht zu gewinnen, daraus nothwendig einzelne Abtheilungen bilden müssen. Wir werden also die Ausbildung der Theorie — die Herstellung einer astronomischen Grundlage durch genaue und umfassende Beobachtung des Himmels — die Auffindung neuer Planeten — die astronomische Untersuchung des Erdkörpers in Kürze erwähnen: dann scheint es auch zweckmäßig, über Abwege im Gebiete der Astronomie im Vorübergehen einige Worte zu sagen. Der Erfolg astronomischer Untersuchung hängt vorzugsweise von den Instrumenten ab; wir wollen deßhalb auch noch versuchen, die Fortschritte, welche hierin gemacht worden sind, näher zu bezeichnen:

Digitized by Google

aus gleichem Grunde, nämlich in so ferne davon die Förderung der Wissenschaft wesentlich abhängt, müssen wir den Verkehr zwischen den Sternwarten und die Wege astronomischer Mittheilung erwähnen. Endlich ist es der Tendenz, welche der ganzen vorhergehenden Darstellung zu Grunde liegt, angemessen, daß wir von dem, was bisher für populäre Belehrung im Fache der Astronomie geschehen ist, eine kurze Uebersicht geben.

a. Theorie.

179. Vervollkommnung der Theorie. Ptolemäus beobachtete mit Ringen und Linealen, und konnte, wenn die Beobachtung sehr genau war, etwa bis auf 10 Minuten der Wahrheit sich nähern: es ist übrigens sehr leicht, sich zu überzeugen, daß er gar nicht selten 30 und 40 Minuten gefehlt hat. Wenn demnach eine Theorie entworfen ist, und man will nach den Beobachtungen des Ptolemäus sie prüfen, so wird man nothwendiger Weise, die Theorie als vollkommen ansehen, wenn die Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung weniger als 10 Minuten betragen; und sollten selbst hie und da einzelne Unterschiede von 15 und 20 Minuten vorkommen, so schiebt man ganz natürlich die Schuld auf die Beobachtung hinüber. Schon durch Tycho war die Beobachtungsweise und nach Erfindung des Fernrohrs die Beobachtungsmittel zu weit größerer Vollkommenheit gebracht worden, und zu Newton's Zeiten glaubte man schon größere Brüche von Minuten mit Sicherheit angeben zu können. Zu Newton's Zeiten war also eine Theorie erforderlich, die jedenfalls innerhalb der Gränze einer Minute die Beobachtung darstellte, die also viel weiter geführt und vollständiger ausgearbeitet sein mußte, als für die Ptolemäischen Beobachtungen nöthig erscheinen konnte. Man begreift hieraus leicht, wie es kommen kann, daß eine Theorie, die für eine gewisse Periode genügend ist, nicht mehr ausreicht, wenn die Beobachtung neue Fortschritte gemacht hat. Aber nicht blos vollkommenere, sondern auch länger fortgesetzte Beobachtung fordert eine größere Genauigkeit der Theorie; und wurden auch zu Newton's Zeiten die Erscheinungen durch seine Rechnung dargestellt, so ließ sich daraus nicht schließen, daß nach 20 Jahren noch eine gleiche Uebereinstimmung fortbestehen würde.

Bei Entwicklung der Theorie selbst muß man wiederum zwei Umstände im Auge behalten. Die Bewegung der Gestirne berechnet man aus der Größe und Lage der Bahn, oder wie man es auszudrücken pflegt, aus den Elementen der Bahn. Nun kann man aber nicht etwa wie bei einer terrestrischen Messung in den Weltraum sich hinausbegeben, um da die Dimensionen der Planetenbahnen aufzunehmen, sondern man schließt rückwärts von der beobachteten Bewegung, wie groß die Bahn sein müsse, und erhält mehr oder weniger richtige Werthe, je nachdem die Beobachtungen genauer oder minder genau sind. Endlich sind die Rechnungen selbst gewöhnlich von so verwickelter Art, daß man direct nie zum Resultate gelangt, und besondere Methoden, die jedoch immer nur Näherungen sind, anzuwenden genöthigt ist. Die Vollkommenheit der Theorie hängt also auch davon ab, daß die Mathematiker Methoden erfinden, welche in den verschiedenen vorkommenden Fällen zu richtigen Bestimmungen führen. —

Nach der vorhergehenden Erklärung wird man sich darüber nicht wundern, wenn ich sage, daß Newton's Darstellung der Erscheinungen des Himmels schon ein paar Decennien später als unzulänglich sich erwies, und eine ganz

Digitized by Google

neue Umarbeitung — natürlich auf den ewigen Grundlagen, die Newton festgestellt hatte, — beginnen mußte.

180. Planetenstörungen. Bei der eben erwähnten Umarbeitung handelte es sich zunächst darum, die Störungen der Planeten zu berechnen, wozu die frühern Methoden als unzulänglich sich zeigten. In der Wirklichkeit ist die Zahl der Planeten beträchtlich, und jeder, während er um die Sonne herumgeht, wird von allen übrigen in seiner Bahn gestört. Man bemerkte indessen bald, daß man die Auflösung für viele Planeten schon erlangt hätte, wenn man allgemein die Bewegung um die Sonne bestimmen könnte für den Fall, wo nur zwei Planeten und die Sonne in Betracht kommen. Diese Aufgabe ist berühmt geworden unter dem Namen des „Problems der drei Körper," und nachdem seit anderthalb Jahrhunderten die größten Mathematiker mehr oder weniger direct diesem Probleme ihre Kräfte gewidmet haben, muß zugestanden werden, daß eine allgemeine Auflösung kaum noch in Aussicht gestellt ist. Gleich von vorne herein fing man an, durch gewisse Beschränkungen die Auflösung zu erleichtern. So wurde insbesondere der Fall betrachtet, daß zwei Körper von geringer Masse um einen überwiegend großen Centralkörper in nahe kreisförmigen Bahnen herumgehen. D'Alembert und Clairaut (in Paris), Euler (zuerst in Berlin, dann in Petersburg), Lagrange (zuerst in Turin, dann in Berlin und endlich in Paris), Laplace (in Paris), Gauß (in Göttingen), Poisson (in Paris), Hansen (in Gotha) haben die Auflösung mehr oder weniger vervollständiget.

D'Alembert bahnte den Weg: Lagrange führte bei seinen umfassenden Untersuchungen unter andern auch eine sinnreiche Methode ein, wornach er die Planetenbewegung durch Ellipsen mit veränderlichen Elementen darstellt, während man sonst die Grundlage als fest, und die Störungen als Abweichungen davon betrachtete.

181. Laplace. Von den oben genannten Mathematikern hat keiner so großen und allgemeinen Einfluß auf die Erweiterung der Astronomie ausgeübt, als Laplace. In seinem unsterblichen Werke, „Mechanik des Himmels" (Mécanique Céleste) hat er alle Verhältnisse der Planetenbewegung mit der ihm eigenthümlichen Tiefe erforscht, und keinen Gegenstand behandelt, ohne zu dem bereits Bekannten Neues hinzuzufügen. Unter seinen Entdeckungen, die eben so mannigfaltig als wichtig sind, genüge es hier, einige Hauptpunkte zu erwähnen.

Laplace hat seine mathematische Laufbahn eröffnet mit einer merkwürdigen Untersuchung, worin er den Beweis lieferte, daß die mittlere Entfernung und mithin auch die mittlere Bewegung aller Körper unseres Sonnensystems nur vorübergehenden Störungen unterworfen sind, und eine dauernde Aenderung niemals vorkommen kann. Die Beobachtung sämmtlicher Himmelskörper, so weit sie reicht, war hiemit übereinstimmend, nur der Mond machte eine Ausnahme; bei diesem stellte sich heraus, daß seine Bewegung seit den frühesten Zeiten von Jahrhundert zu Jahrhundert in langsamer Zunahme begriffen gewesen ist. Laplace entdeckte den Zusammenhang dieser unerklärbar scheinenden Thatsache mit der veränderlichen Excentricität der Erdbahn, und wies nach, wie die Anziehung der Sonne, durch jene Excentricität modificirt, den Erfolg, den die Beobachtung gezeigt hatte, zu Stande bringt. Ein anderes wichtiges Problem hatte eben so wohl, als dieses schon lange den Scharfsinn der Mathematiker in Anspruch genommen, nämlich die langsam fortschreitende Aenderung, die man an der Bahn des Jupiter und Saturn wahrgenommen hatte. Auch hierin gelangte Laplace, der alle analytischen Hülfsmittel wie

Digitized by Google

kein Anderer in seiner Gewalt hatte, zum erwünschten Ziele. Er bestimmte den Betrag und die Periode der großen Säcularstörungen, deren Grund wir §. 35 angedeutet haben. Unter den vielfachen Störungen des Mondes hob Laplace zwei heraus, wovon die eine von der absoluten Entfernung der Sonne, die andere von der Abplattung des Erdsphäroids abhängt, und zeigte, daß, wenn man diese unmittelbar durch Beobachtung des Mondslaufes bestimmt, man daraus die beiden eben erwähnten Größen berechnen könne. In Untersuchungen, wie diese, stellt sich recht augenscheinlich die Macht der mathematischen Analysis dar: sie verfolgt die feinsten Fäden, wodurch die Bewegungen des Himmels an einander geknüpft sind, und setzt den Astronomen in den Stand, ohne seine Warte zu verlassen, die Gestalt der Erde zu verzeichnen, und den gewaltigen Zwischenraum abzumessen, der die Erde von der Sonne trennt.

Es würde zu weit führen, von den Arbeiten, womit Laplace die Gränzen der Astronomie erweitert hat, auch nur eine Skizze zu geben: eben so müssen wir uns darauf beschränken, den Lebenslauf dieses merkwürdigen Mannes blos mit wenigen Worten zu erwähnen. Er gehört zu den zahlreichen Notabilitäten, welche in der Wissenschaft, wie in den verschiedenen Sphären des öffentlichen Lebens zur Zeit der ersten Französischen Staatsumwälzung hervorgetreten sind. Mit 24 Jahren in die Academie aufgenommen, wurde er von den verschiedenen auf einander folgenden Verwaltungen, die in der Achtung gegen hervorragendes wissenschaftliches Verdienst ein Mittel sahen, auf die öffentliche Stimmung vortheilhaft einzuwirken, mit Auszeichnungen überhäuft. Rechnet man die ganz kurze Zeit ab, wo ihn Napoleon zum Minister des Innern gemacht hatte, so war seine Thätigkeit, die nahe einen Zeitraum von 60 Jahren umfaßt, nur der Wissenschaft gewidmet. Er starb 1827 im 78sten Lebensjahre.

182. Kometen- und Planeten-Bahnen; Olbers, Gauß. Außer den Problemen, die sich auf Störungen beziehen, sind von Zeit zu Zeit auch andere in den Vordergrund getreten. Zu Anfang dieses Jahrhunderts fühlte man allgemein die Unvollkommenheit und Weitläufigkeit der verschiedenen Methoden, wornach man bis dahin die Bahn der neu erschienenen Kometen berechnet hatte. Die klassische Abhandlung von Olbers (über die leichteste und bequemste Methode, die Bahn eines Kometen zu berechnen) beseitigte die vorhandenen Schwierigkeiten, und bildet jetzt noch mit wenigen Modificationen den Leitfaden für alle Kometen-Berechnungen.

Die von Olbers gelöste Aufgabe war jedenfalls schwierig, jedoch in keinen Vergleich zu bringen mit der Berechnung elliptischer Bahnen, wozu sich indessen keine Gelegenheit vor dem 19. Jahrhunderte dargeboten hatte. Als Piazzi im Jahre 1801 einen neuen Planeten entdeckte, traten die Schwierigkeiten der Bahnberechnung hervor. Den practischen Beweis, wie groß die Schwierigkeiten waren, liefert der Umstand, daß ungeachtet der vielen Berechnungs-Versuche man die Ceres wahrscheinlich wieder verloren haben würde, hätte nicht Gauß der Aufgabe sich unterzogen. Seine Theorie der Bewegung der Himmelskörper — Theoria motus corporum coelestum — auf solche Weise entstanden, gehört zu jenen wenigen Werken, die im Verlaufe der Zeit einer Umformung, nicht einer wesentlichen Vervollständigung fähig sind.

183. Mondtheorie. Kein Theil der Bewegungen des Sonnensystems hat so sehr die Anstrengungen der Analyse in Anspruch genommen, als der Mondslauf, und zwar aus zweifachem Grunde: einmal, weil es von hoher Wichtigkeit war, den Ort des Mondes, der das vorzüglichste Mittel der Längenbestimmung zur See bildet, möglichst genau für jeden beliebigen Augenblick angeben zu können, dann aber auch, weil die eigenthümlichen Verhältnisse des Mondes

Digitized by Google

nicht gestatten, seine Theorie wie die der Planeten zu behandeln. Indem nämlich der Mond um die Erde sich bewegt, wird er in seinem Laufe nicht etwa durch einen Planeten, sondern durch die Sonne selbst gestört, die vermöge ihrer großen Masse eine mächtige und schwer zu berechnende Wirkung auf ihn ausübt. Clairaut, Euler, Laplace, Plana haben nach einander die Mondsbewegung zum Gegenstande analytischer Untersuchungen gemacht; größern Erfolg, als die Genannten, hat in neuester Zeit Hansen gehabt, dessen eigenthümliche Methoden überhaupt eine Vereinfachung der sonst nöthigen Rechnungen zu gewähren geeignet sind.

184. Kometenstörungen. Wir haben oben bemerkt, daß das Problem der drei Körper nur unter Voraussetzung nahe kreisförmiger Bahnen mit den jetzigen Hülfsmitteln der Analyse eine genäherte Auflösung zuläßt. Aus diesem Grunde ist es denn auch bisher nicht gelungen, die Bewegung der Kometen allgemein zu bestimmen; diese Aufgabe bleibt künftigen Mathematikern vorbehalten. Vorläufig ist man genöthigt, auf einem ziemlich weitläufigen Wege (wie schon §. 45 erklärt worden ist) zum Ziele dadurch zu kommen, daß man die Kometenbahn in eine größere Anzahl von Intervallen abtheilt, und für jedes einzelne Intervall den Einfluß sämmtlicher Planeten, wie sie gerade zu der Zeit stehen, berechnet. Für einen gegebenen Zeitpunkt bildet die Summe sämmtlicher vorausgegangener Einflüsse die ganze in Rechnung zu bringende Störung. Es versteht sich wohl von selbst, daß, da die Planeten eine andere Stellung haben, bis der Komet wieder zurückkehrt, für jeden neuen Umlauf die ganze Rechnung von Neuem durchzuführen ist, was ungeachtet aller Vortheile, welche aus scharfsinnigen Combinationen zu ziehen sind, eine sehr beträchtliche Arbeit bildet. Encke hat bisher für den Kometen, der seinen Namen trägt, die Bestimmungen geliefert; Clausen, Santini, Rosenberger, Damoiseau, Lehmann, haben für den Biela'schen, Halley'schen und andere Kometen ähnliche Rechnungen ausgeführt.

185. Planeten-Tafeln. Ein wichtiger Gegenstand, der zunächst an die Theorie sich anschließt, ist die Herstellung von Tafeln zur Erleichterung der sonst sehr umständlichen Berechnungen der Planetenörter. Wo die Theorie vollständig ausgeführt ist, bildet die Construction der Tafeln wenig Schwierigkeit: meistentheils aber knüpft sich daran die Bestimmung der Planeten-Elemente; auch ist es nöthig, die Größe der Störung aus Beobachtungen abzuleiten, während blos die Form gegeben ist. Begreiflicher Weise erfordern demnach Planeten-Tafeln gewöhnlich mathematische Entwickelung und Calcul in gleichem Maaße, und bieten ein Feld nützlicher und verdienstvoller Thätigkeit dar. Im gegenwärtigen Jahrhunderte hat Delambre Sonnen- und Mondtafeln, deßgleichen Tafeln der Jupiters-Trabanten; Damoiseau Mondtafeln; Bouvard Tafeln für Jupiter, Saturn und Uranus; Carlini Sonnentafeln; v. Lindenau Mercur- und Venus-Tafeln; Bessel Tafeln für den Hugenischen Saturns-Trabanten geliefert.

Bei der Herstellung von Tafeln arbeitet übrigens Jeder, wie es auch in der Theorie der Fall ist, nur seinem Nachfolger vor. Von allen vorhergehenden Tafeln stellen keine die Bewegungen der Himmelskörper zu jetziger Zeit mehr richtig dar. Sogar die Sonnentafeln von Carlini, die vor etwa 15 Jahren von Bessel verbessert und in sehr nahe Uebereinstimmung mit dem Himmel gebracht wurden, weichen jetzt schon beträchtlich vom wahren Sonnenlaufe ab. Was die äußersten Planeten betrifft, so ist außerdem durch die Entdeckung des Neptun eine Aenderung der Theorie, wie der Tafeln nothwendig geworden.

186. Ephemeriden. Durch Tafeln allein wäre für die Bedürfnisse der

Digitized by Google

practischen Astronomie und der Schifffahrt, wo es nöthig ist, alle Tage die Stellungen der Himmelskörper genau zu kennen, nicht hinreichend vorgesorgt, weil ihr Gebrauch jedenfalls umständlich und zeitraubend ist. Aus diesem Grunde werden von Jahr zu Jahr astronomische Ephemeriden herausgegeben, aus welchen der Astronom wie der Seefahrer unmittelbar die nöthigen Bestimmungen findet. Die vorzüglichsten Ephemeriden gegenwärtiger Zeit sind das „Berliner astronomische Jahrbuch" von Encke, die britische Ephemeride (Nautical Almanac) von der Admiralität in London und die Französische Ephemeride (Connaissance des Temps) von dem Längenbureau in Paris herausgegeben. Die Mailänder Ephemeriden (Effemeridi di Milano) sind minder vollständig. Auch für Liebhaber der Astronomie ist in dieser Hinsicht gesorgt durch mehrere Publicationen, die weiter unten §. 224 erwähnt werden sollen.

b) Beobachtungen.

187. Wichtigkeit der Beobachtungen. Obwohl schon Ptolemäus, wie man aus seinem Almageſt (B. III.) entnehmen kann, richtig eingesehen hat, daß die Ergründung der Bewegungen der Himmelskörper die Verbindung älterer Beobachtungen mit neuen nothwendig erfordert, so sind dennoch anderthalb Jahrtausende vorübergegangen, bis man angefangen hat, systematisch diesen Grundsatz auszuführen. Man construirte Planeten-Tafeln und warf die Beobachtungen weg, aus denen sie abgeleitet waren; man verfertigte Sternverzeichnisse, und überließ der Vergessenheit die Grundlagen, auf denen sie beruhten. Erst im vorigen Jahrhunderte ist einerseits der Werth der einzelnen Beobachtung, aus der nur die künftige Zeit das volle Resultat zu ziehen im Stande sein wird, andererseits die Nothwendigkeit erkannt worden, eine allgemeine und richtige Darstellung des Firmaments, und der daselbst vorgekommenen Ereignisse der Zukunft aufzubewahren. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts sind öffentliche, auch einige Privatsternwarten rastlos bemüht gewesen, den Schatz von Beobachtungen, den die Astronomie nach und nach angesammelt hat, zu vergrößern, und wir besitzen jetzt schon eine solche Masse, daß es schwer ist, auch nur eine Uebersicht davon zu gewinnen. Vielleicht wird ein Astronom sich der verdienstlichen Arbeit unterziehen, ein Repertorium anzufertigen, woraus diejenigen, welche mit einzelnen Theilen der Theorie sich beschäftigen, entnehmen können, wo und welche Materialien vorhanden sind. Unsere Absicht kann es nicht sein, hier auf einen solchen Zweck hinzuarbeiten, oder eine vollständige Uebersicht zu geben: wir wollen uns vielmehr damit begnügen, einzeln die wichtigsten Abtheilungen herauszuheben, und die reichhaltigsten Sammlungen zu erwähnen.

188. Fixstern-Oerter. Bei weitem der größte Theil der bisher angestellten Beobachtungen hat den Zweck, die Oerter der Fixsterne, wie sie jetzt sind, genau zu bestimmen, damit durch künftige Vergleichung die Bewegungen des Sternsystems erkannt werden können. Die mehr als hundertjährigen Arbeiten der Greenwicher Sternwarte unter der Leitung von Flamsteed, Bradley, Maskelyne, Pond, Airy, die Beobachtungen von Piazzi in Palermo, Bessel*) in Königsberg, Sir Th. Brisbane in Paramatta, Henderson

*) Ich habe bereits bemerkt (§. 151), daß Bessel zu denjenigen gehört, welche die Astronomie in neuerer Zeit am meisten gefördert haben. Sein hervorragendes Verdienst besteht darin, daß er in der Beobachtung sowohl, als in der Berechnung der Resultate eine Schärfe einführte, die vor ihm Niemand erreicht hat: dieselben erschöpfenden Methoden behnte er über

Digitized by Google

und Maclear am Cap d. g. H., Henderson in Edinburg, Littrow in Wien, Struve in Dorpat, Johnson in St. Helena und später in Oxford, Airy und Challis in Cambridge, Groombridge in London, Taylor in Madras, Argelander in Abo, Wrottesley in Bushyheath beziehen sich vorzugsweise auf Sternpositionen. Was die Beobachtungsweise betrifft, so sind es durchgängig Meridian-Beobachtungen, bei denen die möglichste Genauigkeit zum Zwecke gemacht worden ist. Im Ganzen kann man die Zahl der auf solche Weise bestimmten Sterne nicht wohl über 12000 schätzen; da man aber jeden Stern, um einen entsprechenden Grad von Genauigkeit zu erlangen, zu oft wiederholten Malen beobachten mußte, so ist die Zahl der Beobachtungen bereits so weit herangewachsen, daß sie mehr als 100 Bände umfassen.

Sollten die sämmtlichen Fixsterne, auch nur bis zur 10. Größe herunter, in der angedeuteten Weise bestimmt werden, so läßt sich leicht ermessen, daß Jahrhunderte noch dazu erforderlich wären. Es haben deßhalb einige Astronomen den Meridian-Beobachtungen eine Einrichtung zu geben sich bemüht, wornach die Zahl der beobachteten Sterne weit größer, die Genauigkeit aber einigermaßen

---

das ganze Gebiet der practischen Astronomie aus. Es gibt keine Beobachtungsart, die er nicht versucht und zu größerer Vollkommenheit erhoben hätte. Man darf aber nicht etwa glauben, daß er blos die Methoden im Auge gehabt hat: die Menge der von ihm gelieferten astronomischen Resultate und umfassenden Arbeiten verdient nicht weniger, als die ungewöhnliche Sorgfalt, die er auf jede Einzelnheit verwendet hat, unsere höchste Bewunderung. Ich habe aus dem Leben der merkwürdigsten Astronomen einige Umstände angeführt, bei Darstellung derjenigen Fächer, worin sie sich ausgezeichnet haben. Was Bessel betrifft, so kommt sein Name so häufig vor, daß ich nicht mit mir selbst einig werden konnte, unter welchem Fache ich eine biographische Notiz passend anbringen sollte. Ich will deßhalb hier eine kurze Skizze von dem Leben dieses außerordentlichen Mannes geben.

Fr. W. Bessel, im Jahre 1784 in Minden geboren, soll in frühester Jugend eine Abneigung gegen klassische Literatur und eine besondere Vorliebe für die Erlernung der Arithmetik gezeigt haben. Sein Vater, der das Amt eines preußischen Justizrathes bekleidete, und eine zahlreiche Familie zu versorgen hatte, beschloß, die Anlagen seines Sohnes berücksichtigend, ihn die Handlung erlernen zu lassen. In Folge dessen wurde Bessel nach Bremen geschickt, und trat in das Handlungshaus Kuhlenkamp und Söhne in die Lehre.

Seinem neuen Berufe widmete er sich mit der Aufmerksamkeit und dem ernsten Willen, welche seine Thätigkeit durchgängig, auch in spätern Jahren, charakterisiren: in kurzer Zeit erwarb er sich durch merkantilische Kenntnisse und Geschicklichkeit das Vertrauen seiner Vorgesetzten in solchem Maaße, daß er Hoffnung hatte, nach den spanischen und französischen Colonien und nach China auf einem dem Handlungshause gehörigen Schiffe in Geschäften gesendet zu werden. Dies bildete das Ziel seiner Wünsche, und er fing mit seiner gewöhnlichen Beharrlichkeit an, sich dazu vorzubereiten durch Erlernung fremder Sprachen, sowie der astronomischen Schifffahrtskunde, wovon ihm wenigstens eine practische Kenntniß nöthig war. Es lag aber nicht in seiner Natur, mit bloßen practischen Regeln sich begnügen zu können: er mußte den Grund erreichen, und so gelangte er, indem er die Nachtzeit zum Studium verwendete, von Stufe zu Stufe zuletzt zu solcher umfassenden Einsicht und Fertigkeit des Calculs, daß, als Olbers ihm am 1. Nov. 1805 Abends vier Beobachtungen des Kometen jenes Jahres übergab, er den nächsten Morgen mit den Elementen erschien, deren Berechnung ihm nur vier Stunden Zeit gekostet hatte.

Seine siebenjährige Lehrzeit war nun vollendet, und er verließ das Haus Kuhlenkamp und Söhne, aber nicht, um eine merkantilische Laufbahn weiter zu verfolgen, sondern um als astronomischer Gehülfe zu Schröter nach Lilienthal sich zu begeben. Er zählte damals nur zwei und zwanzig Jahre. Seine erfolgreichen Arbeiten und sein steigender Ruhm führten ihn schnell einem höheren Wirkungskreise zu, und bereits im Jahre 1810 war er als Vorstand der damals im Bau begriffenen Sternwarte in Königsberg und als Professor der Astronomie an der dortigen Universität ernannt. Er hatte so gerade eine Stellung erlangt, die seiner außerordentlichen Thatkraft entsprechend war, und brachte auch daselbst sein ganzes Leben zu.

Seine weitere Geschichte ist nur eine Aufzählung astronomischer Untersuchungen und glänzender Erfolge, eine Aufzählung von Achtungsbezeugungen, die ihm von königlicher Gunst, wie von der gelehrten Welt in vollem Maaße zu Theil geworden sind. Er beschloß sein thatenreiches Leben im Jahre 1846, in einem Alter von 62 Jahren.

Digitized by Google

beschränkt wird. Da man dabei den Himmel in Zonen eintheilt, so werden die auf solche Weise erhaltenen Bestimmungen gewöhnlich Zonen-Beobachtungen genannt. Hieher gehören die Beobachtungen von Lacaille am Cap d. g. H. (9766 südliche Sterne) von Lalande in Paris (47390 Sterne), von Bessel in Königsberg (75000 Sterne), von Argelander in Bonn (25000 Sterne). Aehnliche Beobachtungen an der Münchener Sternwarte seit 1840 umfassen etwa 50000 Sterne. Man darf auch die von Rümker in Hamburg beobachteten 12000 Sterne hieher rechnen, obwohl sie mit größerer Sorgfalt und Genauigkeit, als man bei Zonen-Beobachtungen in der Regel findet, bestimmt worden sind.

189. Sonnen-, Mond-, Planeten-Beobachtungen. Eine zweite Abtheilung von Meridian-Beobachtungen umfaßt die Sonnen-, Mond- und Planeten-Oerter. Fast alle oben angeführten Astronomen haben auch hiezu Beiträge geliefert, und zwar findet man nach der gewöhnlichen Geschäftsordnung der Sternwarten die Sonne und den Mond, so oft es geschehen kann, bei ihrem Durchgange über den Meridian beobachtet, die äußern Planeten in der Regel nur in der Opposition, die innern in der größten Elongation. Das auf solche Weise gewonnene Material reicht vollkommen aus, um uns nach und nach eine genaue Kenntniß aller Elemente des Sonnensystems zu verschaffen.

190. Kometen-Beobachtungen. Eine dritte Abtheilung astronomischer Beobachtungen bezieht sich auf die Kometen. Aeußerst selten ist es möglich, diese mit Meridian-Instrumenten zu beobachten, theils weil die meisten zu schwach sind, theils weil sie der Sonne näher stehen und den Meridian nicht zur Nachtzeit passiren. Gewöhnlich braucht man größere Fernröhre und Refractoren zur Beobachtung, und bestimmt zunächst mit Hülfe eines Micrometers ihre Lage in Beziehung auf einen bekannten Stern, woraus dann ihre Stellung am Himmelsgewölbe abgeleitet werden kann.

Das Aufsuchen von Kometen (nur selten ist ein Komet mit freiem Auge sichtbar) bildet eine mühsame, aber sehr verdienstliche Arbeit, und hat den Vortheil, daß ganz geringe Hülfsmittel dazu ausreichen; denn im Grunde wird nichts weiter erfordert, als eine Sternkarte und ein Kometensucher (ein Fernrohr mit großem Sehfelde, also sehr wenig vergrößerndem Ocular). Zu Anfang dieses Jahrhunderts erwarb sich Pons, ursprünglich Hausmeister der Sternwarte in Marseille, später Vorstand dieser Anstalt, und zuletzt nach Marlia berufen, großes Verdienst durch Auffinden von Kometen, wovon er im Ganzen 34 entdeckt hat.*) Auch Gambart, der Nachfolger von Pons in Marseille, und noch früher die Pariser Astronomen Messier und Méchain haben viele Kometen gefunden. Um die Auffindung von Kometen zu fördern, hat König Frederic VI. von Dänemark im Jahre 1832 eine Kometen-Medaille gestiftet, welche jedem Entdecker eines teleskopischen Kometen zuerkannt wird. Seither herrscht große Regsamkeit im Kometensuchen, und der in neuester Zeit öfters vorgekommene Umstand, daß derselbe Komet fast gleichzeitig

*) Auch Damen haben sich mit Kometensuchen, und zwar nicht ohne Erfolg beschäftigt. Von Karolina Herschel sind 5 Kometen aufgefunden worden, und in der neuesten Zeit haben Mad. Rümker und Miß Mitchel Kometen entdeckt. Ich benütze diese Gelegenheit, um zu bemerken, daß, so wenig das abstracte Studium der Astronomie mit den gewöhnlichen weiblichen Beschäftigungen vereinbar scheint, dennoch eine beträchtliche Anzahl Damen von Hypatia, der unglücklichen Tochter Theons, anfangend, bis herunter auf unsere Zeit namhaft gemacht werden könnte, welche nicht blos mit Astronomie sich beschäftigt, sondern auch Nützliches darin geleistet haben. Unter den Beispielen aus neuerer Zeit sind außer den oben genannten anzuführen Mad. Lepaute, Mrs. Sommerville, Baronesse von Matt.

Digitized by Google

von mehreren Beobachtern gefunden worden ist, macht es wahrscheinlich, daß jetzt kein neuer Komet (in so ferne er nicht durch die Sonnenstrahlen der Beobachtung entzogen wird) unbemerkt entkommt.

191. Telescop- und Refractor-Beobachtungen; die beiden Herschel, Struve, Lord Rosse. Eine vierte Abtheilung astronomischer Beobachtungen umfaßt diejenigen, wozu die größten Telescope und Refractoren erfordert werden: allgemeine Bestimmungen über das Universum, Vertheilung der Sterne im Weltraume, Doppel- und mehrfache Sterne, Sternhaufen und Nebelflecken, wozu noch die Untersuchung der Oberflächen der Weltkörper gerechnet werden kann.

W. Herschel ist der Begründer der eben angedeuteten Untersuchungssphäre. Dieser geniale Erforscher der Sternenwelt, in Hanover im Jahre 1738 geboren, hatte sich frühzeitig der Musik gewidmet, und kam im Jünglingsalter nach England, wo er zuerst in Yorkshire, dann 1756 in Bath als Musikdirector eine Anstellung erhielt. Sein Beruf war indessen die Sternkunde: ein innerer Trieb spornte ihn an, und gab ihm Kraft und Ausdauer, die Hülfsmittel, die ihm seine Vermögensverhältnisse zu erwerben nicht gestatteten, selbst sich zu schaffen. Kaum war ihm ein Spiegel-Telescop von 7 Zoll (Oeffnung) gelungen, so fing er wieder ein größeres an, und gelangte auf solche Weise nach und nach zu Instrumenten von so riesenhafter Größe und Wirkung, wie sie die Welt vorher nie gesehen hatte. Die meisten Beobachtungen hat er mit einem zwanzigfüßigen Telescop, viele auch mit einem 40füßigen gemacht.*) Die Zwecke, wozu er seine Telescope benützte, waren eben so eigenthümlich und großartig, wie die Telescope selbst. Er untersuchte die Dimensionen des Himmels und die Vertheilung der Fixsterne im Raum, erkannte das Dasein von Sternpaaren, die analog den Bewegungen unsers Planeten-Systems um einander in elliptischen Bahnen herumgehen, entdeckte zwei Monde des Saturns, den Uranus und seine sechs kleinen Monde, die (mit Ausnahme von zweien) kein Astronom seither wahrzunehmen vermochte: er durchmusterte den Himmel, um die Doppelsterne, Nebelflecken und Sternhaufen aufzufinden, und zeichnete seinen Nachfolgern auf Jahrhunderte hinaus Beobachtungs-Gegenstände und Beobachtungs-Methode vor. Dieß ist es, was seinen Namen, eben wie es bei Newton der Fall ist, so unzertrennlich an die Fortschritte der Sternkunde knüpft.

Seit 1781 hatte er unter dem besondern Schutze König Georgs III. sich ausschließlich der Astronomie gewidmet und endigte seine glänzende Laufbahn im Jahre 1822 in einem Alter von 84 Jahren.

In gleichem Geiste folgte ihm der Erbe seines Namens und seines Ruhmes nach. Von Sir J. Herschel besitzen wir Verzeichnisse von Nebelflecken, Sternhaufen und Doppelsternen, die er bei Durchmusterung des Himmels, theils in der nördlichen, theils (während seines Aufenthaltes am Cap d. g. H.) in der südlichen Hemisphäre fand. Von vielen hat er nicht blos die Oerter angezeigt, sondern auch genaue Bestimmungen geliefert.

Zunächst reihen sich Struve's Arbeiten an. Mit dem ersten großen Refractor, der aus Fraunhofer's Händen hervorgegangen ist, fing er eine Durch-

*) Das 40füßige Telescop ist bald unbrauchbar geworden und wurde später nicht wieder hergestellt, so sehr dieß zu wünschen gewesen wäre, wenn auch nur, um eine Bestätigung der damit gemachten Entdeckungen zu erhalten. Das Instrument ist gegenwärtig im Besitze Sir J. Herschel's in Collingwood: eine Aussicht auf dessen Wiederherstellung ist vorläufig nicht vorhanden, um so weniger als der berühmte Besitzer durch andere wissenschaftliche Arbeiten veranlaßt worden ist, astronomischen Untersuchungen zu entsagen.

Digitized by Google

musterung des Himmels an, und fand unter 120,000 Sternen, die er in $2^1/_2$ Jahren untersuchte, 3112 Doppelsterne. Diese machte er fast ununterbrochen und mit seltener Ausdauer 10 Jahre hindurch zum Gegenstande der sorgfältigsten micrometrischen Messungen, und theilte im Jahre 1837 seine Resultate der gelehrten Welt in einem großen Werke (Mensurae Micrometricae) mit. Es kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß in unserer Zeit keine astronomische Arbeit von gleicher Ausdehnung und gleichem Werthe erschienen ist.

Außer Struve verdienen, mit Hinsicht auf Doppelstern-Messungen, auch Dawes in England, Kaiser in Leyden und Mädler (Struve's Nachfolger in Dorpat) anerkennende Erwähnung. Besonderes Interesse hat das Riesenteleskop von Lord Rosse, welches einen Spiegel von 6 Fuß Durchmesser hat, und ungezweifelt das mächtigste Sehwerkzeug ist, was jemals zu Stande gebracht wurde, in neuester Zeit erweckt. Es sind nur einzelne damit angestellte Beobachtungen bisher bekannt geworden. Unter Anderem wird angegeben, daß das Teleskop viele Nebelflecken, deren gleichmäßig erscheinendes Licht Veranlassung gegeben hatte, sie für Nebel-Materie (§. 96.) zu halten, insbesondere den Nebelflecken im Orion, als Sternhaufen darstellt.

192. Oberflächen der Himmelskörper; Selenographie. Die Untersuchung der Oberflächen der Himmelskörper ist im Allgemeinen eine so unfruchtbare, daß wenige Astronomen sich damit beschäftigt haben. Herschel, Schröter, Lohrmann, Beer und Mädler haben einige Materialien gesammelt: die wenigen daraus gefolgerten Thatsachen, z. B. die Dimensionen, die Abplattung, die Rotation, die wechselnden oder constanten Ungleichheiten der Oberflächen stehen bisher ganz isolirt und außer Verbindung mit dem eigentlichen System der Astronomie da, wenn ihnen gleich wissenschaftliche Wichtigkeit nicht abgesprochen werden darf. Als einen besondern Zweig haben wir die Verzeichnung der Mondoberfläche herauszuheben, womit sich die sämmtlichen eben genannten Astronomen wenigstens vorübergehend mit mehr oder weniger Erfolg beschäftigt haben: aber nur eine vollständig und gründlich durchgeführte Arbeit ist zu Stande gekommen, nämlich die Selenographie von Beer und Mädler.

c. Entdeckung neuer Planeten.

193. Uranus von Herschel entdeckt. Am Anfange der geschichtlichen Periode, womit wir uns gegenwärtig befassen, zählte man sieben Hauptplaneten, deren Kenntniß uns von den Urzeiten der Astronomie her durch Ueberlieferung zugekommen ist. Ueber zwei Jahrtausende hatte man den Himmel mehr oder weniger aufmerksam betrachtet, und nichts wahrgenommen, was anzudeuten schien, daß mehrere Planeten noch vorhanden sein möchten. Auch unter den verschiedenartigen Speculationen, womit sich die Astronomen noch in der Mitte des 18. Jahrhunderts, wo ein reges Leben in der Wissenschaft herrschte, beschäftiget haben, scheint der Gedanke an eine Vermehrung der Planetenzahl gar nicht aufgetaucht zu sein. So stand es noch, als W. Herschel am 13. März 1781, während er mit seinem siebenfüßigen Teleskope die Gegend der Zwillinge, des Stiers und des Orions durchmusterte, unter dem 132. des Stiers einen Stern erblickte, der durch matteres Licht und einen merklichen Durchmesser sich von den umgebenden Sternen auffallend unterschied. Herschel durch diesen Umstand zu fortgesetzter Beobachtung veranlaßt, konnte schon nach wenigen Tagen bemerken, daß der Stern seinen Ort verändert hatte, also zu den beweglichen Gestirnen gehörte. Als die Nachricht von dieser Entdeckung veröffentlicht wurde, säumte

Digitized by Google

man nicht, allenthalben den Lauf des neuen Gestirns zu verfolgen: allgemein sah man es aber für einen Kometen an, obwohl es gegen alle Analogie eine völlig begränzte Scheibe und keine Spur eines Schweifs oder eines umgebenden Nebels zeigte. Verschiedene Astronomen suchten seinen Lauf durch eine Parabel darzustellen, auch Laplace hat eine solche berechnet: indessen genügten alle Parabeln um so weniger, je länger die Beobachtung fortgesetzt wurde. Endlich verkündigte Lexell in Petersburg ein Jahr nach der Entdeckung, daß der Herschel'sche Stern in einem Kreise um die Sonne sich bewege und zu den Planeten zu rechnen sei. Die Einreihung des neuen Gestirns unter die Planetenzahl hatte keinen Anstand mehr, wohl aber dessen Benennung. Herschel selbst legte ihm den Namen Georgs-Gestirn (Georgium sidus) bei; die meisten französischen Astronomen vereinigten sich, ihn nach dem Entdecker „Herschel" zu benennen. Bode nannte ihn Uranus, von Andern wurden die Namen Cybele, Neptun, Asträa, Urania, Minerva vorgeschlagen. Nur die drei erstern Namen haben sich erhalten und zwar nahe ein halbes Jahrhundert, bis endlich Bode's Benennung, weil sie bequemer ist, und zu den älteren Planeten-Namen mehr Analogie hat, allgemein angenommen wurde.

Als die Bahn des Uranus bekannt war, fing man an, zurückzurechnen, und in ältern Beobachtungs-Sammlungen nachzusuchen, ob er nicht zufälliger Weise als Fixstern sich aufgezeichnet fände. So ergab sich nach und nach, daß der Planet nicht weniger als 19mal in älterer Zeit (seit 1690) war beobachtet worden, nämlich 5mal von Flamsteed, 1mal von Bradley, 1mal von Mayer und 12mal von Lemonnier, ohne daß seine planetarische Natur wäre bemerkt worden. Die Wichtigkeit dieser Beobachtungen wird man später (§. 199) erwähnt finden.

194. Ceres von Piazzi entdeckt. Es dauerte zwanzig Jahre, bis ein ähnlicher glücklicher Fund wieder astronomischen Fleiß belohnte, und merkwürdiger Weise sollte die Entdeckung eines neuen Planeten gerade den ersten Tag des 19. Jahrhunderts bezeichnen. Als Piazzi in Palermo, der seit 1790 mit seltenem Eifer und in größerer Ausdehnung, als irgend ein früherer Astronom, die Gestirne aufzuzeichnen bemüht war, den 87. Stern des Stiers beobachten wollte, bemerkte er einen Stern 8. Größe, der voranging, und dessen Ort er sogleich bestimmte. Die Beobachtung des folgenden Tags verrieth schon eine nicht unbeträchtliche Bewegung, und Piazzi, der sogleich die wahre Natur des Sterns erkannt zu haben scheint, ließ ihn nicht mehr aus den Augen, theilte jedoch die Nachricht von der gemachten Entdeckung den übrigen Astronomen erst mit, als der neue Stern in den Sonnenstrahlen verschwunden war. Durch verschiedene ungünstige Umstände war die Beobachtung so weit beschränkt worden, daß im Ganzen Piazzi vom 1. Jan. bis 11. Febr. nur 24 Ortsbestimmungen erhalten hatte. Aus diesen sollte nun die Bahn berechnet werden, um nach 8 Monaten, wenn der Planet aufs Neue aus den Sonnenstrahlen hervorkäme, ihn wieder aufzufinden. Außer Piazzi selbst beschäftigten sich Olbers, Zach, Oriani, Bode und Burckhardt mit diesem Probleme. Letzterer, indem er elliptische Elemente berechnete, kam zwar der Wahrheit am nächsten; jedoch würde die Wieder-Auffindung, wäre sie überhaupt gelungen, jedenfalls mit unendlich viel Mühe verbunden gewesen sein, hätte nicht Gauß, für dessen tiefe Kenntniß aller analytischen Hülfsmittel diese schwierige Aufgabe gerade eine entsprechende Uebung darbot, einen ihm eigenthümlichen Weg eingeschlagen (§. 182), und eine Bahn bestimmt, mit deren Hülfe Zach und Olbers den Planeten sogleich wieder am Himmel erkannten.

Der Entdecker selbst nannte den neuen Planeten Ceres Ferdinandea, zu

Digitized by Google

Ehren des Königs Ferdinand und zum Andenken der großen Verdienste, die er um die Hebung des Ackerbaues in Sicilien gehabt hatte. Der astronomische Gebrauch kürzte indessen bald die Benennung ab, und der Planet wird jetzt einfach Ceres genannt.

Die Entdeckung eines Planeten zwischen Mars und Jupiter hatte ein eigenthümliches Interesse für die Astronomen, in so ferne dadurch die schon von Kepler, später von Titius und Bode ausgesprochene Vermuthung, daß daselbst ein Planet sich vorfinden sollte, bestätigt wurde. Es scheint in der That, daß bei der Entstehung des Planeten-Systems bestimmte, aber bisher unerforschte Bedingungen vorhanden gewesen sein müssen, welche diese regelmäßige Austheilung zu Stande gebracht haben.

195. Pallas von Olbers entdeckt. Die Entdeckung der Ceres hatte bald eine zweite ähnliche Entdeckung zur Folge. Während Olbers am 28. März 1802, nachdem er die Ceres beobachtet hatte, eben beschäftigt war, die kleinen Sterne in dem nördlichen Flügel der Jungfrau durchzumustern, bemerkte er einen Stern siebenter Größe, der mit den Sternen 20 und 191 der Jungfrau ein gleichseitiges Dreieck bildete, und den er vermöge seiner außerordentlichen Sternkenntniß sogleich für einen wandernden hielt, da er nie einen Stern zuvor da gesehen zu haben sich erinnerte. Die Untersuchung des folgenden Abends bestätigte seine erste Vermuthung, und er säumte nicht, den Astronomen die Entdeckung eines neuen Gestirns anzukündigen, das er und mehrere Astronomen mit ihm für einen Kometen Anfangs zu halten geneigt waren. Bald aber ließen fortgesetzte Beobachtungen und die von Gauß unternommene Bahnbestimmung über die Natur des Sterns und seine Stellung im Weltgebäude keinen Zweifel übrig, und Olbers legte ihm den Namen Pallas bei.

Die genauere Betrachtung der Pallas- und Ceres-Bahnen, die einander durchkreuzen, brachte Olbers auf den Gedanken, es möchten die beiden Planeten Trümmer eines größern Weltkörpers sein, der durch irgend eine gewaltige Catastrophe sich zertheilt habe (§. 69). Auf solche Voraussetzung gründete er nun die scharfsinnige Vermuthung, daß, falls noch mehrere Trümmer vorhanden wären, ihre Bahnen sich alle in einem Punkte, nämlich da, wo die Trennung stattgefunden, schneiden müßten, eine Vermuthung, die später wichtigen Erfolg gehabt hat.

196. Juno von Harding entdeckt. Zweien der fleißigsten Beobachter des Himmels war das Glück begegnet, zur Vervollständigung unserer Kenntniß des Planeten-Systems wesentlich beizutragen: einen dritten auch als Beobachter sehr verdienten Astronomen sollte der Zufall in gleicher Weise begünstigen. Harding, dem wir die besten vorhandenen Sternkarten zu verdanken haben, war eben mit der Revision der in der Nähe der Ceres- und Pallasbahnen befindlichen Sterne beschäftigt, als er am 1. Sept. 1804 im Sternbild der Fische einen neuen in seinen Karten nicht eingezeichneten Stern wahrnahm. Seine planetarische Natur setzte die fernere Beobachtung bald außer Zweifel und in Zeit von drei Wochen war durch die Betriebsamkeit von vier deutschen Astronomen — Harding, Zach, Olbers und Gauß — die Bahn des neuen Planeten, dem der Entdecker den Namen Juno gab, bestimmt.

197. Vesta von Olbers entdeckt. Die Entdeckung der Juno bestätigte in merkwürdiger Weise die oben erwähnten theoretischen Ansichten von Olbers, wornach sämmtliche Bahnen der kleinen Planeten in denselben Punkten sich schneiden, also die Sternbilder der Jungfrau und des Wallfisches passiren müßten. Olbers fand sich hiedurch veranlaßt, sogleich eine regelmäßige Spähe zu halten, und hatte bereits mit Beharrlichkeit drei Jahre diese Arbeit fortgesetzt, bis ein glücklicher Erfolg zuletzt seine Bemühungen krönte. Am 29. März

Digitized by Google

1807 fand er im nördlichen Flügel der Jungfrau einen unbekannten Stern 5ter bis 6ter Größe, den er sogleich, da er genau in dieser Gegend bewandert war, als einen Fremdling erkannte. Er legte dem neuen Asteroiden, dessen Bahn von Gauß berechnet wurde, den Namen Vesta bei.

198. Asträa von Henke entdeckt. Viele Jahre sind nach dieser denkwürdigen Epoche vorübergeflossen, ohne daß die Zahl der Planeten wäre vermehrt worden, obwohl es an fleißigen Beobachtern und überhaupt an Gelegenheit zur Entdeckung nicht gefehlt hat. Eine Masse neuer Sterne sind in Königsberg, Dorpat, Greenwich und anderwärts beobachtet worden; Struve und Herschel haben mit mächtigen Fernröhren die Räume des Himmels durchgemustert; die Sternkarten der Berliner Akademie, die mit der Zeit so Vieles zur Vermehrung der Planetenzahl beitragen sollten, sind angefertigt worden, und nirgends hat sich ein neuer Planet dargeboten. Nach 39 Jahren sollte endlich eine neue Entdeckungs-Periode beginnen. Den Anfang machte Henke, ein eifriger Liebhaber der Sternkunde, aus Driessen (in Ostpreußen), der früher ein Blatt der Berliner akademischen Sternkarten hergestellt, und seither ununterbrochen die Beobachtung der Gestirne fortgesetzt hatte. Als er am 8. Dez. 1845 die Vesta betrachtete, und die Umgegend durchmusterte, fand er unweit des Sterns b im Stier einen Stern 9ter Größe, der früher sich da nicht gezeigt hatte. Bei der hierüber gemachten Anzeige sprach er die Vermuthung aus, daß es nicht etwa blos ein Stern von veränderlichem Lichte, sondern ein Bestandtheil unseres Planeten-Systems sei. Die auf der Berliner Sternwarte angestellten Beobachtungen bestätigten dieß, und zeigten, daß der Fremdling zu der Gruppe der Asteroiden gehöre. Encke legte ihm den Namen Asträa bei.

199. Neptun von Leverrier berechnet, von Galle aufgefunden. Kein astronomisches Ereigniß hat in neuerer Zeit so allgemeines Interesse hervorgerufen, als die Entdeckung des Neptun, ein Interesse, das durch die besondern Umstände, unter denen die Entdeckung gemacht wurde, vollkommen gerechtfertigt wird. Die Entdeckung des Uranus, der Ceres, Pallas und Juno war, streng genommen, Sache des Zufalls, wenn auch eines Zufalls, der nur beharrlichen Forschern des Himmels begegnet; Vesta, obwohl nach einer theoretischen Vermuthung in einem bestimmten Sternbezirk aufgesucht, war dennoch nur auf dem einfachsten und gewöhnlichsten Wege gefunden worden. Daß aber ein Astronom, der ruhig in seinem Zimmer rechnet, ohne jemals den Himmel selbst genauer beobachtet zu haben, blos durch die, man möchte sagen, magische Kraft des Calculs geleitet, den Beobachtern mit vollster Zuversicht verkündigen sollte: nach dieser Stelle des Himmels richtet eure Fernröhre, so findet ihr einen neuen Planeten! — daß der Erfolg so wunderbar genau mit der Vorausverkündigung zusammentreffen sollte, — dieß war eine Erscheinung, dergleichen die Geschichte der Astronomie keine aufzuweisen hatte. Die Ideen, von welchen Leverrier (jetzt Professor der Astronomie an der Universität in Paris) ausgegangen ist, waren in so ferne nicht neu, als schon früher unbestimmt ausgesprochene Vermuthungen über die mögliche Existenz eines jenseits des Uranus befindlichen Planeten sich nachweisen lassen. So hat A. Bouvard, der Berechner der Uranus-Bahn, nachdem er es als unmöglich erkannt hatte, die 19 ältern Beobachtungen des Uranus und die neuern durch dieselben Elemente darzustellen, sich zuletzt entschlossen, die ältern Beobachtungen an deren Zuverläßigkeit er einige Zweifel hegte, unberücksichtigt zu lassen, und drückt sich in der Einleitung zu seinen 1821 erschienenen Uranus-Tafeln so aus:

„Ich muß es der Zukunft überlassen, zu entscheiden, ob die Schwierigkeit, die ältern und neuern Beobachtungen mit einander zu vereinbaren, wirklich der

Digitized by Google

Ungenauigkeit der erstern beizumessen ist, oder ob hier ein fremder bisher nicht näher erkannter Einfluß zu Grunde liegt, der auf den Planeten ausgeübt worden wäre."

Aus einigen nach der Entdeckung des Neptun bekannt gemachten Documenten scheint hervorzugehen, daß schon 10 Jahre früher daran gedacht worden war, einen Planeten jenseits des Uranus anzunehmen, und aus den Störungen, die an der Uranusbahn sich zeigen, seinen Ort zu berechnen. Es versteht sich übrigens wohl von selbst, daß das Verdienst desjenigen, der eine Unternehmung unabhängig begonnen, und glücklich ausgeführt hat, nicht dadurch vermindert wird, daß Andere vor ihm an etwas Aehnliches gedacht haben mögen. Die Grundlage, auf welcher Leverrier seine Berechnung gestützt hat, ist ungefähr folgende.

Die Bahn, die aus den Beobachtungen von der Entdeckung des Planeten an bis 1820 folgt, ist, wie Bouvard gezeigt hat, mit den frühern Beobbachtungen unvereinbar: sie stellt aber ebensowenig die seit 1820 gemachten Beobachtungen dar, vielmehr sind die Abweichungen von Jahr zu Jahr bis auf die neueste Zeit größer geworden. Die erste Operation, die Leverrier unternahm, bestand nun darin, die sämmtlichen vorhandenen Ortsbestimmungen einem strengen Calcul zu unterwerfen, und die Frage zu entscheiden, bis auf welche Gränze man sie in Uebereinstimmung bringen könne. Als Resultat ergab sich, daß, unter den ungünstigsten Voraussetzungen, bezüglich auf die Beobachtungsfehler noch der sehr bedeutende Betrag von 264 Secunden übrig bleibt, der einer fremden Einwirkung zuzuschreiben ist. Was liegt aber hier für eine fremde Einwirkung zu Grunde? Kann ein widerstehender Aether, kann ein großer unsichtbarer Satellit, der den Uranus begleitet, kann eine im entfernten Weltraume eintretende Modification des Gravitationsgesetzes den obigen Betrag erklären, oder ist man genöthigt, einen noch unentdeckten Planeten anzunehmen, der den Uranus in seinem Laufe stört? Leverrier geht die einzelnen Hypothesen durch, und weist umständlich nach, daß nur die letzte zur Erklärung der Beobachtungen dienen könne. Er zeigt ferner, daß der zu entdeckende Planet weder in der Mitte zwischen Saturn und Uranus sein könne, weil er alsdann auch den Saturn stören müsse, noch nahe am Uranus diesseits oder jenseits, weil dann die Abweichungen, wie sie in den verschiedenen Jahren hervortreten, einen andern Gang zeigen müßten; noch endlich sehr weit jenseits des Uranus, weil dann die Masse so groß anzunehmen wäre, daß sie auch auf den Lauf des Saturn eine Wirkung äußern würde. Man ist demnach genöthigt, dem Planeten eine mäßige Entfernung jenseits des Uranus anzuweisen: eine mittlere Distanz von 38 Sonnenweiten, wie sie das bekannte Gesetz der Planetenentfernungen (§. 32.) gibt, würde im Allgemeinen den zu erfüllenden Bedingungen als erste Annäherung genügen. Leverrier macht sich nun zur Aufgabe, folgende zwei Fragen zu beantworten:

1) Ist es möglich, die Unregelmäßigkeiten der Uranusbahn durch die Annahme eines Planeten in der Distanz von ungefähr 38 Sonnenweiten zu erklären?

2) Wenn dieß der Fall ist, wo muß man jetzt den Planeten suchen, wie groß ist seine Masse, welche sind die Elemente seiner Bahn?

Leverrier's überall consequent durchgeführten Rechnungen entschieden die erste Frage bejahend, und zwar findet sich eine Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung, wie man sie nur immer wünschen kann. Als Beantwortung der zweiten Frage fand Leverrier, daß der Planet am 1. Januar 1846 in der Ecliptik 326½ Grad vom Aequinoctialpunkt, d. h. ungefähr

Digitized by Google

5 Grade östlich von dem Sterne α im Steinbock sich befand, wornach er um die Mitte September in einer Länge von sehr nahe 325° zu suchen sein würde. Ferner bestimmte er die Masse zu $^1/_{9300}$ der Sonnenmasse, und die mittlere Entfernung von der Sonne zu 36 Sonnenweiten. Auch alle andern Elemente der elliptischen Bewegung hat Leverrier durch Rechnung bestimmt. Diese Resultate wurden in der Sitzung der Pariser Akademie vom 31. August 1846 verkündigt, und ein am 23. September in Berlin angekommener Brief Leverrier's forderte Galle auf, mit dem Refractor der dortigen Sternwarte den Planeten aufzusuchen. An demselben Abende wurde von Galle die Gegend des Himmels, wo der Planet sich befinden sollte, mit Bremiker's Sternkarte verglichen, und sogleich der Planet als Stern 8ter Größe, in einer Länge von 325°·53′ und einen halben Grad südlich von der Ecliptik, also nicht einmal einen ganzen Grad von der bezeichneten Stelle entfernt, erkannt. So ist man auf einem nie vorher betretenem Wege zur Kenntniß eines neuen Planeten gelangt, nicht etwa eines Asteroiden, der im Grunde eine geringe Bedeutung im Sonnensystem hätte, sondern eines mächtigen Weltkörpers, der schon so lange die Bewegungen des Himmels gestört und den Astronomen so viele vergebliche Mühe gemacht hat.

Mehrere Umstände sind mit der Entdeckung verknüpft, die nähere Erwähnung verdienen. Für's Erste gab es mit der Benennung des neuen Planeten verschiedene Anstände, weil Arago, durch Leverrier aufgefordert, einen Namen zu wählen, von dem bisherigen Gebrauche abweichend, anstatt einer mythologischen Gottheit, den Namen des Entdeckers genommen hat. So sehr allenthalben das Verdienst Leverrier's Anerkennung fand, und die Verewigung seines Namens nicht anders als billig erscheinen konnte, so war Arago's Vorschlag doch zu sehr mit aller Analogie im Widerstreite, als daß er die allgemeine Billigung der Astronomen hätte finden können. Unter den in Frankreich selbst vom Längenbureau, dann in Deutschland und England vorgeschlagenen Namen schien Anfangs Janus den Vorzug zu erhalten: bald zeigte sich indessen, daß der Name Neptun die größten Auctoritäten für sich habe, und jetzt kann dieser als allgemein angenommen betrachtet werden.

Ein zweiter Umstand bezog sich darauf, daß Adams, ein junger Astronom, der sich an der Universität in Cambridge aufhielt, nahe dieselben Rechnungen, wie Leverrier ausgeführt hatte, und auch ungefähr zu denselben Resultaten gelangt war, jedoch erst später seine Arbeiten veröffentlicht hat. In dem Maaße, als der Ideen-Verkehr lebhafter wird, in dem Maaße, als die Zahl der Forscher zunimmt, und die Zahl der Untersuchungs-Gegenstände in einen engern Kreis eingeschlossen wird, müssen solche Begegnungen sich vervielfältigen. Es gewährt dieß eine sehr erfreuliche Aussicht für die Fortschritte der Wissenschaft, ohne übrigens in der eigentlichen Entdeckungs-Geschichte des Neptun etwas zu ändern.

Der dritte Umstand, den wir zu erwähnen haben, schien anfangs von größerer Bedeutung, als die vorhergehenden. Schon die ersten Beobachtungen zeigten, daß die von Leverrier angegebene Entfernung von der Sonne zu groß sei. Zwar konnte hier eine etwas verschiedene Excentricität der Bahn beträchtlichen Einfluß ausüben, indessen erhielt man bald eine festere Grundlage zur Bahnberechnung dadurch, daß Walker in Washington unter den Beobachtungen von Lalande zwei Ortsbestimmungen des Neptun für den 8. und 10. Mai 1795 aufgefunden hat; denn merkwürdiger Weise war Neptun ebenso wie Uranus ein halbes Jahrhundert vor seiner eigentlichen Entdeckung als Fixstern wiederholt beobachtet worden. Mit Benützung von Lalande's Beobachtungen

Digitized by Google

hat nun Professor Pierce in Philadelphia eine Bahnberechnung ausgeführt, wodurch er zu dem Resultate gelangte, daß die wahren Elemente des Neptun nicht innerhalb der von Leverrier festgesetzten Gränzen fallen, daß die Störungen, welche Leverrier in Rechnung gebracht hat, nicht in der Anziehung des Neptun ihren Grund haben können; daß demnach die Entdeckung des Neptun nicht mathematischer Analyse, sondern nur einem glücklichen Zufall zuzuschreiben sei.

Es ist wohl als sehr wahrscheinlich anzunehmen, daß bei dieser so grell ausgesprochenen Behauptung Mißverständnisse obwalteten, die Pierce selbst bald erkannt haben mag, weßhalb er denn auch später eine Rechtfertigung seiner Ansichten nicht versucht hat. Allerdings weichen die Elemente, welche Leverrier angegeben hat, sehr beträchtlich von der Wahrheit ab: dessenungeachtet stellen sie das kleine Stück der Bahn, auf welches sich die Rechnungen bezogen, ziemlich befriedigend dar. Was die Störungen des Uranus durch Neptun betrifft, so kann darüber erst mit Sicherheit entschieden werden, wenn eine länger fortgesetzte Beobachtungsreihe uns eine genaue Kenntniß der wahren Elemente des neuen Planeten ermöglicht hat.

200. Hebe von Henke entdeckt. Dem durch die unerwartete und bedeutsame Vermehrung der Planetenzahl im Jahre 1846 aufgeweckten Eifer im Nachforschen ist es ohne Zweifel beizumessen, daß wir in den darauf folgenden vier Jahren die Entdeckung von nicht weniger als 8 neuen Planeten anzukündigen haben. Am 1. Juli dieses Jahres erblickte Henke, der Entdecker der Asträa, ein Sternchen kaum 9ter Größe an einer Stelle im Sternbilde des Schlangenträgers, wo er früher keinen Stern wahrgenommen hatte. Die Beobachtung des folgenden Tages setzte außer Zweifel, daß es ein Planet sei, und aus der Größe der Bewegung konnte man schließen, daß der Fremdling zu der Asteroidengruppe gehöre. Gauß gab ihm den Namen Hebe.

201. Iris und Flora von Hind, Metis von Graham, Hygiea und Parthenope von de Gasparis, Victoria von Hind, Egeria von de Gasparis entdeckt. Am 13. August 1847 bemerkte der Astronom Hind, der seit längerer Zeit mit großer Thätigkeit in der Privat-Sternwarte Bishops in London beobachtet, und insbesondere seit 8 Monaten unabläßig nach neuen Planeten gesucht hatte, einen kleinen Stern 8ter bis 9ter Größe im Sternbilde des Schützen, den er am 22. Juni und 31. Juli daselbst nicht wahrgenommen hatte und der auch in Wolfer's Charte nicht zu finden war. Seine planetarische Natur wurde bald hergestellt und man erkannte schon aus den Beobachtungen der ersten Tage, daß er ebenfalls der Asteroiden-Gruppe angehöre. Herschel gab ihm den Namen Iris.

Zwei Monate später, nämlich am 18. Oktbr. hatte derselbe Astronom das Glück, einen zweiten Wandelstern und zwar im Orion zu entdecken. Auch dieser gehört zu den Asteroiden, und hat von Herschel den Namen Flora erhalten.

Von dieser Zeit an mehren sich die Planeten-Entdeckungen in solchem Maaße, daß wir uns damit begnügen müssen, blos das Verzeichniß aufzuführen.

1848. April 26. wurde von Graham an Cooper's Privatsternwarte in Makree (Irland) ein neuer Asteroid entdeckt; Cooper legte ihm den Namen Metis bei.

1849. April 12. entdeckte de Gasparis an der Sternwarte in Neapel einen neuen Asteroiden und gab ihm den Namen Hygiea.

1850. Mai 11. wurde von demselben ein zweiter Asteroid aufgefunden und Parthenope benannt.

1850. Septbr. 13. machte Hind seine dritte Planeten-Entdeckung: der neue Asteroid erhielt den Namen Victoria.

Digitized by Google

1850. Nov. 2. hat de Gasparis ebenfalls zu seinen früheren Asteroiden einen neuen hinzugefügt, dem er den Namen Egeria gab.*)

Ist gleich die Geschichte dieser Entdeckungen eben so kurz als einfach, so darf man deßwegen auf die Ergebnisse nicht weniger Wichtigkeit legen. Die Asteroidenzahl hat sich in den letzten Jahren um mehr als das Dreifache vermehrt und es ist gar nicht abzusehen, welchen ferneren Erfolg die fortgesetzten Bemühungen der Astronomen in dieser Beziehung haben werden. Was diese an sich so unansehnlichen Körper für eine Bedeutung im Weltsysteme haben, was Veranlassung gegeben hat, daß eine größere Zahl von Planeten in einer engen Zone neben einander die Sonne umkreisen, welche besondern Verhältnisse in ihrer Zahl und Lage stattfinden, wissen wir nicht, dürfen hierin übrigens eben so wenig wie in dem Weltgebäude überhaupt einen bloßen Zufall vermuthen. Für jetzt können wir also blos der Hoffnung Raum geben, daß fortgesetzte Untersuchung auch hierin zum erwünschten Ziele führen wird. Welche Resultate übrigens in dieser Beziehung zum Vorscheine kommen mögen, so bleibt soviel immer sicher, daß die Entdecker der neuen Planeten die Anerkennung aller künftigen Jahrhunderte in reichlichem Maaße verdient haben.

Astronomische Untersuchung des Erdkörpers.

Nicht blos die Räume des Himmels gehören in das Gebiet der Astronomie, auch auf der Erde ist dem Astronomen eine Kenntniß aller jener Verhältnisse nöthig, die mit der Beobachtung der Gestirne zusammenhängen, als Figur und Dichtigkeit der Erde, Lage der verschiedenen Orte an ihrer Oberfläche u. dgl. Erst der Alles untersuchende Forschungsgeist neuester Zeit ist in diese Verhältnisse eingedrungen: wir wollen von dem Erfolge eine kurze geschichtliche Uebersicht geben.

1. Größe und Gestalt der Erde.

202. Untersuchung der Erd-Dimensionen. Obwohl die Astronomen des Alterthums schon zur Aufgabe sich machten, die Größe der Erde zu ermitteln, so hatten ihre Bemühungen keineswegs den erwünschten Erfolg. Die Alexandriner-Astronomen bestimmten für Alexandrien und Syene (in einer von Nord nach Süd gezogenen Linie gelegen) den Unterschied der geographischen Breite, d. h. den Bogen des Himmelsgewölbes, der ihrer Entfernung entsprach und fanden ihn $7^1/_5$ Grad; sie maßen alsdann die Entfernung selbst, wahrscheinlich durch Abschreiten, und konnten auf solche Weise unmittelbar die Länge, die einem Grade entspricht, berechnen, daraus dann den Umkreis sowie die übrigen Dimensionen der Erdkugel ableiten. Nach ähnlicher Methode verfuhren die Araber auf der Ebene von Senaar. Was den ersten Theil der Operation betrifft, so geht man auch bei den neuern Gradmessungen nicht anders zu Werk: man wählt zwei weit von einander entfernte, aber in demselben Meridian**)

*) Seitdem Obiges geschrieben war, ist ein neuer Asteroid entdeckt worden, und zwar durch den unermüdlichen Astronomen Hind, dessen frühere Thätigkeit bereits zur Entdeckung dreier Planeten geführt hatte. Der neue Asteroid hat von dem Entdecker den Namen Irene erhalten

**) Es ist hier von Breiten-Gradmessungen die Rede. Man kann auch von Ost nach West, im Sinne der Parallelkreise, Gradmessungen vornehmen, jedoch nicht mit gleichem Vortheile. Deßhalb sind auch nur wenige solche Operationen ausgeführt worden.

Digitized by Google

gelegene Orte und bestimmt ihre geographische Breite, woraus ihre Entfernung in Bogen (in Graden) folgt: die dazwischen liegende Distanz wird aber begreiflicher Weise nicht mehr unmittelbar auf der Erdoberfläche (deren Unebenheiten das Resultat ganz ungenau machen würden) gemessen, sondern man denkt sich die Meeresfläche unter dem Terrain fortgesetzt und darauf die Linie, welche die beiden Endpunkte verbindet, projicirt. Die Länge dieser Linie berechnet man aus einem Dreiecksnetze, das von einem Endpunkte zum andern sich ausdehnt.

Man sieht leicht ein, daß es sich hier um sehr verwickelte Messungen handelt, und wird sich vorstellen können, daß nur nach und nach im Verlaufe der Zeit alle Umstände, wovon die Genauigkeit des Resultats abhängt, entdeckt und berücksichtigt worden sind. In der That finden wir zwischen der Gradmessung von Snellius, der zuerst ein Dreiecksnetz gebrauchte, — die nächste vor ihm versuchte Gradmessung war jene von Fernel, der die Entfernung zwischen Paris und Amiens nach der Zahl der Umdrehungen eines Wagenrades maß — und der Bessel'schen Gradmessung in Ostpreußen eine fortwährende Verbesserung der Theorie wie der Praxis.

203. Die Erde als Sphäroid erkannt; Gradmessungen. In dem Maaße, als die Genauigkeit der Bestimmungen zunahm, berichtigten sich die Ideen über die wahre Gestalt der Erde. Picard wiederholte im Jahre 1669, aber nach richtigerer Methode als Fernel, die Gradmessung von Paris nach Amiens: Dominique Cassini setzte die Linie in den Jahren 1683 und 1700 bis zu den Pyrenäen fort. Als Resultat ergab sich, daß im Süden Frankreichs die Länge eines Grades um 71 Toisen größer war, als im Norden, mithin gegen Norden die Grade abnehmen. Daraus folgerte man, daß die Erde die Gestalt eines Eies haben müsse, zusammengezogen am Aequator und ausgedehnter gegen die Pole.

Im Widerspruche mit diesem Ergebnisse zeigte Newton, daß die Erde in Folge der Schwungkraft, die durch die Umdrehung entsteht, nothwendig an den Polen abgeplattet, und am Aequator erhöht sein müsse, was auch durch die Beobachtung von Richer (§. 174), daß ein Pendel am Aequator langsamer schwingt, als in Paris, bestätigt wurde. Die langsamere Schwingung zeigt nämlich eine geringere Schwerkraft an, und da die Schwerkraft nur dadurch abnimmt, daß man weiter vom Erdmittelpunkte sich entfernt, so folgt, daß der Aequator weiter von dem Mittelpunkte der Erde entfernt sei, als Paris. Lange Zeit wurden über diesen Widerspruch nur Meinungen für und wider geäußert, wobei die französischen Gelehrten ihre Gradmessung, die englischen dagegen Newton's Theorie geltend machten, bis man endlich zu der Einsicht kam, daß es, um eine Entscheidung herbeizuführen, nöthig sei, an sehr entfernten Punkten in Norden und Süden Gradmessungen anzustellen. Dieses großartige Unternehmen wurde von der französischen Regierung unter Ludwig XV. ausgeführt. Im Jahre 1735 sandte man Bouguer, Condamine und Godin nach Peru, Maupertuis und Outhier nach Lappland. Letztere führten nördlich von Tornea eine Gradmessung aus, die im Jahre 1739 beendet war: die Ersteren hatten aber mit weit größeren Schwierigkeiten zu kämpfen, und kamen mit der Gradmessung auf der Hochebene zwischen Tarqui und Cotechesqui erst im Jahre 1744 zu Ende. Als Resultat fanden sie:

Länge eines Grades in Peru 56753 Toisen
in Lappland 57422 „

darnach ist ein Grad am Aequator um 669 Toisen kürzer, als am Pole, und mithin die Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid, wie es Newton auf theoretischem Wege gefunden hatte. Die Abplattung selbst fand sich sehr be-

Digitized by Google

trächtlich (nämlich $^1/_{178}$) in Folge einiger Ungenauigkeit, die bei der Lappländischen Gradmessung vorgefallen sein muß, und die sich bei der von Svanberg und Ofverboom in den Jahren 1801—2—3 vorgenommenen Nachmessung herausgestellt hat. Man hatte übrigens die obige Entscheidung in Frankreich nicht abgewartet, sondern es wurden schon im Jahre 1739 Cassini de Thury und Lacaille beauftragt, die Gradmessungen von Picard und Dom. Cassini zu wiederholen, woraus mancherlei Unrichtigkeiten der frühern Operationen sich zeigten, und am Ende die Abplattung der Erde an den Polen, übereinstimmend mit Newton's Theorie, als Resultat sich ergab.

Bald kamen in allen Theilen der Welt Gradmessungen zu Stande, worunter jene von Lacaille am Cap d. g. H., Boscovich im Kirchenstaate, Beccaria in Piemont, Liesganig in Oesterreich und Ungarn, Mason und Dixon in Pennsylvanien anzuführen sind. Die dadurch erhaltenen Bestimmungen dienten übrigens nur dazu, das allgemeine Resultat zu bestätigen, daß die Erde ein abgeplattetes Sphäroid sei: die Abplattung selbst gaben sie sehr ungleich, und man mußte zur Ueberzeugung gelangen, daß die Erde keine ganz regelmäßige Gestalt habe.

204. Große französische Gradmessung, Meter. So stand es mit unserer Kenntniß der Gestalt der Erde, als unter den Ideen, welche im Verlaufe der Französischen Revolution aufgetaucht sind, auch der Vorschlag gemacht wurde, die Größe der Erde zur Grundlage eines neuen Maaß-Systems, eines von aller Willkühr unabhängigen Naturmaaßes, zu machen, welches alle Völker der Erde annehmen sollten. Eine Kommission aus der Akademie hatte sich günstig für dieses Project erklärt, und bestimmt, daß der zehnmillionste Theil des Meridian-Quadranten die Maaßeinheit bilden, und den Namen mètre tragen sollte. Dazu schien aber eine weit genauere Bestimmung der Dimensionen der Erde, als man früher erlangt hatte, nöthig, und die Nationalversammlung zögerte nicht, eine neue Gradmessung, die größte, die bisher zu Stande gekommen ist, durch Méchain und Delambre ausführen zu lassen. Sie sollte dem ursprünglichen Plane zufolge von Dünkirchen bis Barcellona sich erstrecken, also $9^1/_2$ Grad umfassen, und am Niveau des Meeres anfangen und enden, wurde indessen später noch bis zu den balearischen Inseln fortgesetzt. Die geschichtliche Darstellung dieser großen Operation hat uns Delambre (Base du système métrique, Einleitung) mitgetheilt. Man wird nicht blos die darin enthaltenen wissenschaftlichen Nachweisungen über die Operation selbst, sondern auch die Schicksale der damit beauftragten Astronomen mit Interesse lesen, die mitten unter den Stürmen der Französischen Revolution ihre Aufgabe lösten, ungeachtet aller Unterbrechungen und Gefahren, die aus der allgemeinen bald in burlesken bald in grausamen Scenen sich äußernden Volks-Aufregung hervorgegangen sind.

Was nun den ursprünglichen Zweck betrifft, so haben die Französischen Gelehrten diejenige Länge des Meters festgesetzt, welche aus ihren Rechnungen sich ergab, und diese Länge bildet jetzt das gesetzliche Meter. Es hat sich indessen bald nach der gesetzlichen Feststellung erwiesen, daß die Ableitung des Resultats verschiedener Verbesserungen bedurft hätte, und daß, so wie jetzt die Verhältnisse stehen, das Französische Meter blos als eine willkürlich angenommene Maaßeinheit zu betrachten ist. Obwohl nun auf solche Weise der erste Zweck der Französischen Gradmessung — eine Naturmaaß-Einheit herzustellen — nicht erreicht worden ist, auch kaum der Hoffnung Raum gegeben werden darf, daß die beabsichtigte Vereinigung aller Völker zur Annahme dieses Maaßes zu Stande kommen wird, so bleibt dennoch die Operation selbst eine der größten wissenschaftlichen Unternehmungen, die je ausgeführt worden sind,

Digitized by Google

und trägt mehr als irgend eine ähnliche Arbeit zur genauen Bestimmung der Erd-Dimensionen bei.

205. Resultat der bisherigen Gradmessungen nach Bessel. Gegenwärtig sind fast alle Länder in Europa mit trigonometrischen Netzen (ursprünglich zur Entwerfung genauer Charten bestimmt) überzogen, und auch außerhalb Europa ähnliche Operationen zur Ausführung gekommen, woraus man hoffen sollte, eine sehr genaue Bestimmung der Figur der Erde ableiten zu können: indessen sind nicht überall gleiche Vorsichtsmaßregeln angewendet worden, und deßhalb hat Bessel, als er sich zur Aufgabe machte, die Gestalt der Erde möglichst genau aus den sämmtlichen vorhandenen Arbeiten abzuleiten, nur folgende Gradmessungen in die Rechnung aufgenommen:

die peruvianische;
die neue lappländische;
die englische;
die hanöverische;
die dänische;
die russische;
zwei ostindische;
die preußische.

Als Resultat fand er:

Halbmesser des Aequators 3272077,14 Toisen
des Poles 3261139,33 „
mithin die Abplattung $^1/_{300}$.

Hienach ist die am Ende gegebene Tabelle XII. berechnet.

206. Pendelmessungen. Es ist bereits oben erwähnt worden, daß ein zweites Mittel — die Länge des einfachen Sekundenpendels — angewendet worden ist, um die Figur der Erde zu bestimmen. Je weiter nämlich das Pendel vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist, d. h. je geringer die Kraft der Schwere, desto langsamer schwingt es.

Gegenwärtig besitzen wir für mehr als 70 Orte vom 50sten Grade südlicher bis zum 80sten Grade nördlicher Breite genauere Pendel-Beobachtungen, die sehr nahe mit der aus Gradmessungen abgeleiteten Figur der Erde übereinstimmen. Indessen ist es nicht leicht, ein definitives Resultat daraus zu entnehmen, theils weil sie nicht alle gleiches Vertrauen verdienen, theils auch weil die Dichtigkeit der Erde zunächst unter der Oberfläche in einigen Stellen größer, in andern geringer zu sein scheint, und dieß auf die Dauer der Schwingungen Einfluß haben muß. Sehr beträchtliche Abweichungen unter andern hat Biot auf der Insel Unst, an der nördlichen Küste Schottlands, wahrgenommen.

2. Mittlere Dichtigkeit der Erde.

207. Anziehung der Berge. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts hat die Bestimmung der mittlern Dichtigkeit, oder, was gleichbedeutend ist, des Gewichtes der Erde mehrere Astronomen und Physiker beschäftigt. Zuvörderst muß ich bemerken, daß bei der Aufgabe, um welche es sich hier handelt, es keineswegs die Dichtigkeit selbst ist, die zunächst ermittelt werden soll, sondern man sucht zuerst die anziehende Kraft zu bestimmen, die ein gewisses Gewicht, z. B. ein Pfund in einer gegebenen Distanz ausübt: da man nun die Anziehungskraft der Erde, und die Entfernung ihres Mittelpunkts (wo die ganze Masse concentrirt gedacht werden kann) kennt, so kann man daraus berechnen, wie viele

Digitized by Google

Pfunde die Erde hat; und ist so das Gewicht der Erde gefunden, so darf man es nur durch das Volumen dividiren, um die mittlere Dichtigkeit, d. h. diejenige Dichtigkeit zu finden, welche die Erde haben würde, wenn sie im Innern durchaus gleichmäßig wäre.

Die eigentliche Schwierigkeit besteht nur darin, daß die Anziehungskraft, im Verhältnisse zu der Masse der Körper eine so außerordentlich kleine Größe ist. Einen Begriff davon kann man sich darnach machen, daß eine Kugel von 1 Fuß Halbmesser und von derselben Dichtigkeit wie die Erde an ihrer Oberfläche, eine 20 Millionen mal kleinere Anziehungskraft hat, als die Erde.

Es sind bisher nur zwei Wege versucht worden, die mittlere Dichtigkeit der Erde zu messen; man hat sie nämlich aus der Ablenkung des Bleilothes durch Berge und aus Beobachtungen mit der Drehwaage abzuleiten gesucht.

Das erstere Mittel ist auch zuerst in Anwendung gebracht worden, und zwar durch Maskelyne und Hutton im Jahre 1774. Maskelyne wählte zwei Stationen, die eine nördlich A (Fig. 51), die andere südlich B vom Berge Shehallien (in Perthshire unweit der Gränze zwischen England und Schottland), beobachtete Zenith-Abstände der Sterne, und fand daraus, daß das Bleiloth, welches am Instrumente zum Senkrechtstellen angebracht war, und worauf sich die Zenith-Abstände bezogen, nicht in der senkrechten Linie a e und b f sich einstellte, sondern gegen den Berg hereingezogen wurde, nach c und d. Die Größe der Ablenkung an beiden Stationen zusammen betrug 11,6 Secunden. Hutton maaß die Größe des Berges, und fand, daß, wenn die Erde und der Berg gleiche Dichtigkeit gehabt hätten, die Anziehung des Berges das Loth 20,9 Sekunden hätte ablenken müssen: da demnach die beobachtete Wirkung nahe um die Hälfte kleiner ist, so folgt, daß die Dichtigkeit des Berges die Hälfte (genauer $^5/_9$) von der Dichtigkeit der Erde betrug.

Hutton untersuchte nun die verschiedenen Bestandtheile, woraus der Berg zusammengesetzt ist, und es ergab sich, daß seine Dichtigkeit im Mittel $2^1/_2$ mal größer als jene des Wassers ist, woraus dann die Dichtigkeit der Erde sehr nahe $4^1/_2$ mal größer als jene des Wassers sich ergibt. Wiederholte Untersuchungen des Berges durch Hutton selbst, und später durch Playfair änderten das Resultat merklich, und man gelangte zuletzt zu der ziemlich wahrscheinlichen Bestimmung, daß die Stoffe, woraus die Erde besteht, im Mittel 5mal schwerer als Wasser seien.

Einen ähnlichen Weg hat Carlini eingeschlagen. Nachdem er die Länge des einfachen Secunden-Pendels auf der Spitze des Mont Cenis, wo die Anziehung der Erde und des Berges zugleich die Bewegung des Pendels beschleunigten, bestimmt hatte, verglich er das Resultat mit der Pendellänge am Fuße des Berges, wo also blos die Anziehung der Erde wirksam war. Letztere Länge beobachtete er jedoch nicht unmittelbar, sondern leitete sie aus den in Bordeaux gemachten Beobachtungen ab. Es ergab sich, daß die Pendellänge auf der Spitze des Berges um $^1/_5$ Millimeter größer war. Mit dieser Angabe und der aus der Untersuchung gefundenen specifischen Schwere des Berges ergab sich die mittlere Dichtigkeit der Erde $4^2/_5$ mal größer, als jene des Wassers.*)

*) Die bedeutende Anziehung der Berge (jedoch ohne die Dichtigkeit der Erde daraus abzuleiten) haben Bouguer und Condamine im Jahre 1737 am Cimboraco in Peru und v. Zach im Jahre 1817 an mehreren Punkten in der Nähe von Marseille nachgewiesen. Ich kann nicht unterlassen, hier zu bemerken, daß Massen unter der Erdoberfläche eben sowohl als Massen über der Erdoberfläche auf das Loth Einfluß haben werden: in letzterem Falle ist aber die Anziehung dem Unterschiede zwischen der Dichtigkeit der Masse und jener der umgebenden Substanzen proportional. Gesetzt, man beobachte an dem Ufer eines Sees, dessen Was-

Digitized by Google

208. Drehwaage. Die Bestimmung der Dichtigkeit durch die vorhergehenden Mittel unterliegt immer beträchtlicher Unsicherheit, weil die Berge keine regelmäßige Gestalt haben, auch ihre innere Zusammensetzung nur durch wahrscheinliche Schlüsse ermittelt werden kann. Dieß veranlaßte Cavendish im Jahre 1797, ein ursprünglich von Mitchell vorgeschlagenes Mittel in Anwendung zu bringen, nämlich die Drehwaage, die in ihrer einfachsten Gestalt durch Fig. 52 dargestellt wird.

Ein dünner Querstab von etwa 6 Fuß Länge mit zwei Kugeln a, b an den Enden versehen, wird in der Mitte an einem sehr feinen Draht c d aufgehängt, und kommt nach längerem Hin- und Herschwingen zur Ruhe, in einer Lage, die durch den Aufhängungsdraht bestimmt wird. In dieser Lage verbleibt der Stab, bis irgend eine Kraft ihn hinausbringt: eine ganz geringe Kraft bringt übrigens eine Bewegung hervor, weil die Torsions-Kraft des Aufhängungs-Drahtes sehr gering ist. In Folge der großen Empfindlichkeit eignet sich denn auch der Apparat zur Messung der Anziehungskraft der Materie. Wird nämlich eine große Kugel A von einem bestimmten Gewichte, wir wollen setzen von 50 Pfund, nicht weit von der Kugel a hingelegt, so erfolgt eine gegenseitige Anziehung, und im Verhältnisse zur Größe der Anziehung werden sich die beiden Mittelpunkte mehr oder weniger nähern. Diese Näherung dient als Maaß der Anziehung. Wenn man nun einmal weiß, welche Anziehung eine Kugel von 50 Pfund in einer bestimmten Entfernung hervorbringt, so kann man nach den bekannten Rechnungsregeln überhaupt für jede Kugel aus dem Gewichte die Anziehung, und umgekehrt aus der Anziehung das Gewicht ableiten. Da wir die Anziehung der Erdkugel kennen, so läßt sich dann auch hiernach ihr Gewicht berechnen. Die nach dieser Methode angestellten Versuche von Cavendish gaben für die Erde ein Gewicht von etwas weniger als 13 Quadrillionen Pfund.

Im Jahre 1835 unternahm Reich in Freyberg eine ähnliche Versuchsreihe und fand das Gewicht der Erde sehr wenig größer als Cavendish: endlich wurden in den Jahren 1841 und 1842 von Baily in London Messungen nach derselben Methode, aber weit zahlreicher und mit aller erdenklichen Vorsicht angestellt, woraus das Gewicht der Erde zu 13½ Quadrillionen Pfund erfolgt. Berechnet man aus den verschiedenen Versuchsreihen die mittlere Dichtigkeit der Erde, so findet sich:

nach Cavendish 5,38
„ Reich 5,44
„ Baily 5,68

Obwohl man eine völlige Gewißheit noch nicht erreicht hat, so zeigt doch die nahe Uebereinstimmung der obigen Zahlen, daß die Unsicherheit schon innerhalb ziemlich enger Gränzen eingeschlossen ist.

---

ser denselben Raum einnehme, unter der Erdoberfläche, wie der Sheballien oberhalb, und die Dichtigkeit des umgebenden Erdbodens sei 2½ mal größer als jene des Wassers, so wird eine Ablenkung des Lothes von 3½ Secunden (vom Wasser weg) erfolgen. Ferner sei eine Masse Kalk oder Granit (specifisches Gewicht im Mittel 2,8) von der Größe des Sheballien in einer aus Thon (specifisches Gewicht 2,0) bestehenden ebenen Gegend versenkt, so wird unter den oben angedeuteten Umständen die Ablenkung des Lothes 1,8 Secunden betragen. Ich führe dieß hier an, weil ich glaube, daß man viel zu wenig Rücksicht darauf, namentlich bei geographischen Breitenbestimmungen und trigonometrischen Nivellements bisher verwendet hat. — Die Unterschiede der gäodetischen und astronomischen Bestimmungen sind ohne Zweifel durch Local-Anziehung zu erklären; die von Oberst Colby bei der Englischen Triangulation in der neuesten Zeit vorgenommenen directen Versuche stimmen hiemit überein.

Digitized by Google

3. Geographische Ortsbestimmungen.

209. Blickfeuer. Geographische Ortsbestimmungen haben nicht blos für Erdbeschreibung Nutzen und Interesse, auch der Astronom bedarf derselben (wenigstens für alle Beobachtungs-Punkte), als eines nothwendigen Elements zur Reduction und Vergleichung aller am Himmel vorgenommenen Messungen. Aus diesem Grunde sind auch in neuerer Zeit vielerlei Versuche angestellt und hie und da auch großartige Operationen ausgeführt worden, um geographische Positionen mit der jetzt nöthigen Genauigkeit zu bestimmen. Es handelt sich übrigens blos dabei um die Bestimmung der Länge, wo die Mitwirkung mehrerer Beobachter erfordert wird; was die Breite betrifft, so läßt sie sich mittelst Sternbeobachtungen, die man alle Tage vornehmen kann, so leicht und genau durch jeden einzelnen Beobachter ermitteln, daß man sie zu den gewöhnlichen Arbeiten zählen darf.

Das Problem der Längen-Bestimmung geht immer darauf hinaus, den Unterschied der Uhren zweier Orte genau anzugeben. Hiezu gelangt man am Einfachsten dadurch, daß an einem — von beiden Orten sichtbaren — Punkte ein Signal (z. B. durch Raketen oder durch das Anzünden einer Pulvermasse bei der Nacht, oder durch Heliotopen bei Tag) gegeben wird. Wenn die Beobachter an beiden Orten jeder nach seiner Uhr den Augenblick der Erscheinung des Signals aufzeichnet, so ergibt sich die Längen-Differenz unmittelbar. So sind z. B. im Jahre 1825 Pulversignale auf der Riesenkuppe veranstaltet worden, welche in Breslau und Prag gesehen wurden, und die Längen-Differenz beider Orte gaben. Es ist übrigens sehr selten das Terrain so günstig, daß, wie es hier der Fall war, ein einziger Signalpunkt ausreicht; gewöhnlich muß man, besonders bei größeren Entfernungen, Zwischenstationen einrichten. Die ersten Bestimmungen dieser Art sind von Cassini de Thury und La Caille im Jahre 1740 im südlichen Frankreich ausgeführt worden. Im gegenwärtigen Jahrhunderte hat man mehrere Hauptpunkte auf diese Weise verbunden, z. B. München und Wien im Jahre 1820; Paris, München, Prag und Wien in den Jahren 1825 und 1826; Paris und London (Greenwich) im Jahre 1825. Ohne Zweifel würden mehrere Operationen dieser Art zur Ausführung gekommen sein, wenn sie nicht sehr umständlich und kostspielig wären.

210. Sonnenfinsternisse; Sternbedeckungen; Mondsterne. Zweckmäßiger, als die eben erwähnten Signale, sind die Signale am Himmel, die auf gleiche Weise benützt werden können; insbesondere Sonnenfinsternisse, dann Sternbedeckungen durch den Mond. Schade nur, daß sie so selten sich ereignen, und ihre Beobachtung so häufig durch ungünstige Witterung vereitelt wird. Daher kommt es, daß bei allem Fleiße der Beobachter die Zahl der auf solchem Wege bisher erlangten Resultate weit geringer ist, als zu wünschen wäre: auch fehlt uns gegenwärtig ein Astronom, der sich speciell mit Berechnung von Längen-Differenzen aus solchen Phänomenen beschäftigte, und die Beobachtungen sammelte, wie es früher Triesenecker und Wurm gethan haben.

Ein neues analoges Mittel zur Längen-Bestimmung hat man im Jahre 1820 eingeführt, nämlich die Bewegung des Mondes. Bis der Mond von dem Meridian eines Ortes zum Meridian eines zweiten westlicher gelegenen Ortes kommt, hat er, vermöge seiner eigenen Bewegung am Himmel, unter den Sternen einen gewissen Weg zurückgelegt; und weiß man aus der Beobachtung genau, wie viel er sich fortbewegt hat, so kann man berechnen, wie viel Zeit er zu

Digitized by Google

dieser Bewegung gebraucht: die so erhaltene Zeit ist begreiflicher Weise der Zeit- oder Längendifferenz der beiden Orte gleich. Um nun die Bewegung des Mondes genau angeben zu können, bezieht man ihn auf vorausbestimmte, ganz nahe vorangehende oder folgende Sterne. Die vorausbestimmten Sterne (gewöhnlich Mondsterne genannt) werden in allen astronomischen Ephemeriden bekannt gemacht, und zwar für alle Tage, wo die Beobachtung des Mondes mit Vortheil vorgenommen werden kann.

So zweckmäßig die Methode an und für sich ist, so gewährt die einzelne Beobachtung keine große Genauigkeit, weil die Bewegung des Mondes verhältnißmäßig sehr klein ist und mithin ein kleiner Fehler in der Beobachtung das Resultat sehr beträchtlich ändert. Uebrigens werden die Mondsterne an den meisten Sternwarten beobachtet; auch bei wissenschaftlichen Expeditionen, wo geographische Ortsbestimmung berücksichtigt werden soll, kann man die Mondsterne mit Vortheil gebrauchen, wie es wiederholt bei russischen Expeditionen und bei der neuesten Vermessungs-Operation in Nordamerika geschehen ist.

211. Chronometer-Expeditionen, electrische Telegraphen. Ein ganz vorzügliches, der neuesten Zeit angehörendes Mittel zur Längen-Bestimmung sind Chronometer-Expeditionen. Ein einzelnes Chronometer, von einem Orte zum andern transportirt, würde (wenn es genau ginge), unmittelbar den Zeitunterschied oder die Längendifferenz geben: da indessen kein Chronometer einen vollkommen richtigen Gang einhält, so ist man genöthigt, eine größere Anzahl zu nehmen, und aus ihren mehr oder weniger abweichenden Angaben einen Mittelwerth abzuleiten. Die erste Expedition dieser Art wurde von Schumacher im Jahre 1821 zwischen Hamburg und Copenhagen ausgeführt, und fand bald vielfache Nachahmung. In neuester Zeit sind in England und Rußland große Expeditionen und zwar mit dem vollständigsten Erfolge zu Stande gekommen. So ließ die englische Admiralität im Jahre 1824, die russische Regierung im Jahre 1833 die Länge vieler Seeplätze bestimmen; ebenso sind später Berlin und Altona, London und Paris, London und Brüssel, Valentia (westlicher Punkt von Irland) und Greenwich, Petersburg (Pulkowa) und Altona, Altona und Greenwich verbunden worden. Die zwei letztern Operationen, von Struve ausgeführt, sind ohne Vergleich die größten und wichtigsten dieser Art, die bisher zu Stande gekommen sind. Bei beiden wurden die Chronometer 17 mal von dem einen Orte zum andern transportirt, ihre Anzahl war verschieden und zwar zwischen 30 und 78. Um einen Begriff von der Genauigkeit der Resultate zu geben, bemerke ich, daß in beiden Fällen der wahrscheinliche Fehler nur $^1/_{25}$ einer Zeitsecunde betrug.

Im Jahre 1839 hat Gauß auf die Anwendung des electrischen Telegraphen zu Längenbestimmungen aufmerksam gemacht: in Europa ist jedoch, so viel mir bekannt, keine Länge auf solche Weise bestimmt worden; dagegen findet sich in den neuesten amerikanischen Zeitschriften die Nachricht, daß Walker, Stendall und Loomis kürzlich (Aug. 1847) einen gelungenen Versuch in den Vereinigten Staaten, (wo bereits die Telegraphen von Morse auf 1000 englische Meilen sich ausdehnen) zwischen Washington, Philadelphia und New-York gemacht haben.*) Unter allen Mitteln zur Längen-Bestimmung ist, so weit man jetzt ein Urtheil fällen kann, dieses das vollkommenste, und man darf sich von den gegenwärtig immer weiter sich ausdehnenden Telegraphen-Linien großen wissenschaftlichen Nutzen versprechen.

*) Seitdem obiges geschrieben war, haben Littrow und Kreil die Längendifferenz zwischen Wien und Prag durch den electrischen Telegraphen bestimmt.

Digitized by Google

d. Unfruchtbare und excentrische Bestrebungen im Gebiete der Astronomie.

212. Abwege in der Wissenschaft. Die Wissenschaft hat, so gut wie die Welt, ihre Abenteurer zu allen Zeiten, wenn auch in weit geringerer Zahl, gehabt: in dem einen wie in dem andern Falle mögen wohl die wirkenden Ursachen im Grunde dieselben sein. Die geraden Wege zu weltlicher Größe und weltlichem Wohlstande sind bekannt, erfordern aber Fleiß und Mühe und führen langsam zum Ziele: in der Wissenschaft verhält es sich ebenso; bei der Astronomie z. B. wird eine genaue Einsicht des mathematischen Calculs, eine mehr oder minder vollständige Kenntniß der meisten physikalischen Disciplinen, mancherlei zum Theile sehr kostbare Instrumente und vor Allem Fleiß und Beharrlichkeit erfordert. Es ist kein Wunder, daß in der Astronomie wie in der Welt kürzere und bequemere Wege gesucht worden sind, jedoch mit dem Unterschiede, daß, während auf die Weltverhältnisse Abenteurer oft wesentlichen Einfluß geübt haben, in der Astronomie niemals ein Abenteurer den Stand oder die Richtung der Wissenschaft im Mindesten, wenigstens in der neuern Zeit, hat ändern können. Bei genauerer Betrachtung fürchte ich aber die eben ausgesprochenen Sätze etwas zu allgemein hingestellt zu haben, denn wenn man etwa den Ritter D'Angos ausnimmt, der im Jahre 1784, um als Kometen-Entdecker auftreten zu können, Beobachtungen nach einer willkürlich angenommenen Bahn fingirt, und damit die Welt zum Besten gehabt hat, würde es wohl als ungerecht gelten, von denjenigen, welche mit dem astronomischen Fache sich beschäftigt haben, irgend Jemanden unter die obige Kategorie einzureihen. Ungezweifelt gibt es aber excentrische Versuche, die mit den abenteuerlichen Das gemein haben, daß sie eben so weit wie diese vom rechten Wege sich entfernen, wenn sie gleich oft mit der redlichsten Absicht verbunden sind. Gewöhnlich gehen die excentrischen Versuche, die von Zeit zu Zeit sich offenbaren, außer etwa in ephemeren Schriften, unbeachtet vorüber, und man findet in Werken, die der Wissenschaft gewidmet sind, keine Erwähnung davon. Auch hier sollen nur einige wenige Bemerkungen vorgebracht werden.

213. Excentrisch bearbeitete Probleme. In jedem Zweige der Astronomie haben sich einzelne Männer versucht, die aus Mangel gehörig begründeter Kenntnisse auf sonderliche Abwege gerathen sind; so hat ein oberflächlicher Rechner vor mehreren Jahren einen Fehler in der Art und Weise, wie die Astronomen die Zeit bestimmen, entdeckt, und eine Reform der ganzen Astronomie beabsichtigt; ebenso ist von einem sonst, wie ich glaube, verdienten Universitätslehrer ein sonderlicher Versuch neulich gemacht worden, an die Stelle der Newtonianischen Gravitations-Lehre Kräfte, den magneto-electrischen ähnlich, zu setzen. Es ist jedoch sehr selten, daß in dem mathematischen Theile der Astronomie ein Mißgriff als neue Entdeckung veröffentlicht wird. Gewöhnlich wählen diejenigen, die mit leichter Mühe Neues zu entdecken und an's Tageslicht zu fördern sich vornehmen, ein Feld, wo sie viel freiern Spielraum haben, und es sind vorzugsweise zwei großartige Probleme, womit sie sich beschäftigen; die Erschaffung oder Entstehungsweise der Welt und ihre Bevölkerung mit menschlichen Wesen.

Was zuerst die Philosophen betrifft, so sind sie, in so ferne sie mit den vorhergehenden Problemen oder mit astronomischen Verhältnissen überhaupt sich befassen, hieher nicht zu zählen; sie haben ihren eigenen Grund und Boden —

Digitized by Google

den ideellen — den sie sich selbst geschaffen haben, und wo ihnen unbezweifeltes Recht zukommt, darauf zu produziren, was sie für geeignet halten. Wenn demnach in einem philosophischen Systeme vor nicht gar langer Zeit unter Anderm der Satz abgeleitet war, daß die Kometen, nachdem sie bei der Sonne vorübergegangen sind, in den Weltraum sich ins Unendliche entfernen, und daß keiner wieder zurückkehre, so hat sich dieß blos auf die philosophischen, nicht auf die wirklichen Kometen bezogen, wovon bekanntlich mehrere und zwar wiederholt zurückgekehrt sind. Ebenso ist nichts dagegen einzuwenden, wenn Kant seine Weltkörper ohne Ausnahme mit menschlichen Wesen bevölkert, und diese desto vollkommener, desto elastischer an Geist und Körper, desto mehr über Trägheit und Tod erhaben macht, je weiter sie von der Sonne entfernt sich aufhalten.

In Beziehung auf diejenigen aber, welche nicht im Ideellen sich zu bewegen vorgeben, sondern auf die wirkliche Welt sich beziehen, sind andere Grundsätze festzustellen.

Das Weltgebäude zu erforschen, ist Niemand vorzugsweise berechtiget; die Erscheinungen bieten sich Jedem dar, und Jedem steht es frei, an der Enträthselung derselben nach seiner Weise zu arbeiten, wenn er nur auf eine haltbare Grundlage und richtige Folgerung sich stützt. Werfen wir einen Blick auf die Thätigkeit der eigentlichen astronomischen Anstalten und der Männer, denen die Leitung derselben anvertraut ist, so finden wir, daß einige mit der Bestimmung der Fixsternörter sich befassen, andere den Lauf der Sonne, des Mondes, der Planeten und Kometen verfolgen, wieder andere die Stellung der Doppelsterne aufzeichnen: dabei haben alle einen und denselben Zweck, nämlich aus den Bewegungen, die sie wahrnehmen, die Gesetze und den innern Zusammenhang des Weltgebäudes zu erkennen. Auf diesem Wege sind denn auch schon die merkwürdigsten Aufschlüsse erlangt worden. Fragt man an den verschiedenen Anstalten nach, warum sie nicht auch den Ursprung, die Natur, die innern Verhältnisse der Weltkörper unter die Forschungsgegenstände annehmen, so wird überall die Antwort dieselbe sein: es sind die nöthigen Hülfsmittel nicht vorhanden. Der Ursprung der Welt ist eine geschichtliche Thatsache, worüber uns die Dokumente fehlen, und was die nähere Untersuchung der Körper selbst betrifft, so gehören dazu (wenn wir auch nur auf den nächsten Körper, den Mond, uns beschränken wollen), nicht blos Fernröhre von der zwanzigfachen Größe der jetzigen, sondern auch eine ruhigere und reinere Atmosphäre, als diejenige ist, die gegenwärtig unsern Planeten umgibt. Dieß ist die Ansicht der Astronomen von Profession; damit ist übrigens nicht ausgesprochen, daß nicht Andere die Aufgabe lösen können und lösen dürfen, wenn sie nur, wie oben gesagt, auf eine haltbare Grundlage und richtige Folgerung sich stützen. Wie weit dieß bisher geschehen ist, wollen wir etwas näher betrachte

214. Unhaltbarkeit der bisherigen cosmogenischen Versuche. Sehen wir uns unter Denjenigen ein wenig um, die mit dem erst erwähnten Probleme sich beschäftiget haben, so finden wir, daß sie von vorne herein auf Documente und Sicherheit der Schlußfolgerung verzichten, und von dem gegenwärtigen Stande durch eine Reihe von wahrscheinlichen Schlüssen auf den Urzustand und die Urgeschichte zurück zu gehen suchen. Erwägt man nun, wie viele Stufen durchzumachen sind, bis man dieses Ziel erreicht, wie groß die Unsicherheit bei jeder einzelnen Stufe; erwägt man ferner, wie wenige Thatsachen von dem Weltgebäude überhaupt bisher ermittelt sind, und wie wenige von diesen Thatsachen denen bekannt sind, welche sich mit der Con-

Digitized by Google

struktion des Weltgebäudes beschäftigen, so wird man sich keineswegs darüber wundern, daß Jeder zu einem total verschiedenen Ergebnisse gelangt, und nicht ein einziges Resultat bisher mit einiger Sicherheit und übereinstimmend hergestellt ist.

Es ist eine sehr gewöhnliche Ansicht, und wird bei jedem cosmogenischen Versuche vorausgesetzt, daß physikalische Ereignisse aus einander folgen nach nothwendigen Gesetzen, so zwar daß, wenn das Ende der Kette gegeben ist, man von Glied zu Glied auf den Anfang zurückgehen könne. Die Ansicht beruht auf einer gänzlichen Unkunde physikalischer Wirkungen, die von der Zeit abhängen. Wenn ich einen Cylinder horizontal bis auf die Hälfte seines Durchmessers in eine Wasserfläche eintauche, und schnell wieder herausziehe, so entstehen Wellen, und zwar von bestimmter Form. Tauche ich ein dreiseitiges Prisma ein, so erhalte ich wieder Wellen, aber von anderer Form, als die vom Cylinder hervorgebrachte. Tauche ich ein vierseitiges, ein fünfseitiges Prisma u. s. w. ein, so kommt jedesmal eine andere und eine eigenthümliche Wellenform zum Vorscheine. Setzen wir nun den Fall, es würden an dem einen Ende einer größern Wasserfläche Wellen durch Eintauchen verschiedener Körper hervorgebracht, und ihre Form, wenn sie am andern Ende ankommen, beobachtet. Wird man da auch die Cylinderwelle und die verschiedenen Prismenwellen an ihrer Form sogleich erkennen? Antwort: Nein. Es ist eine Eigenthümlichkeit der Wellenbewegung, sich nach und nach auszugleichen, und welche Gestalt auch immer die Welle ursprünglich gehabt hat, so geht sie, sobald ein größerer Raum durchlaufen ist, in die cycloidische Gestalt über. Es ist somit unmöglich, auf die ursprüngliche Gestalt zurückzuschließen. Ein beträchtlicher Theil der im Weltgebäude vorkommenden Verhältnisse unterliegt genau denselben mathematischen Bedingungen, wie die Wellenbewegung; die ursprünglichen Verhältnisse mußten verschwinden im Laufe der Jahrtausende, ohne eine Spur zurückzulassen. — Ich führe die vorhergehenden Umstände an; nicht etwa um dem Eifer derjenigen, die immer neue Weltschöpfungen zu Tage fördern, entgegen zu treten, sondern um blos die Aufnahme zu rechtfertigen, welche cosmogenischen Versuchen von Seite der Astronomen gewöhnlich zu Theil geworden ist. Lagrange sagte von mathematischen Untersuchungen, sie hätten den Nutzen, daß, während man damit beschäftiget sei, man nichts Böses gegen seinen Nächsten denke: was jener berühmte Mathematiker unter den Vorzügen seiner Wissenschaft aus Bescheidenheit voranstellte, dürfte wohl erschöpfend den Nutzen der Bearbeitung cosmogenischer Theorien bezeichnen.

215. Unsicherheit der bisherigen Speculationen über Bewohnbarkeit der Planeten. Wenden wir uns nun auch zu denjenigen, die sich zum Geschäfte gemacht haben, die Planeten zu bevölkern, und ihre nähern statistischen Verhältnisse festzusetzen. Auch diese verzichten von vorne herein auf den direkten Weg; denn Niemand hat noch gesagt, daß er einen Mondmenschen (Seleniten) oder gar einen Uranusbewohner gesehen habe. Um ihre Existenz und Verhältnisse zu bestimmen, werden zwei verschiedene Wege befolgt; entweder nimmt man blos die Phantasie zu Hülfe, wie es Fontenelle gethan hat, oder man gelangt durch eine Reihe unzusammenhängender Schlüsse, die gewöhnlich mit zweideutigen Wahrnehmungen in Verbindung gesetzt werden, zum gewünschten Ziele.

Die Erscheinungen ersterer Art gehören in die Romanliteratur, und können hier einer Beurtheilung nicht unterworfen werden: was die Bemühungen betrifft, auf letzterem Wege zu einer Kenntniß der entfernten Welten zu gelangen, so beruhen sie sämmtlich auf einer — gewöhnlich stillschweigend voraus-

Digitized by Google

gesetzten — Grundhypothese, daß nämlich die Verhältnisse anderer Planeten mit denen der Erde durchgängige Aehnlichkeit haben. Es ist nun durch entscheidende Beobachtungen hergestellt, daß eine solche Aehnlichkeit in sehr vielen Fällen *nicht* vorhanden ist, und in keinem Falle läßt sich erweisen, daß sie *wirklich* vorhanden sei. Was demnach auf diesem Grunde gebaut wird, ist als ein bloßes Luftgebäude zu betrachten. Bis zu welcher Höhe übrigens solche Luftgebäude und zwar mit scheinbarer innerer Ueberzeugung und vollem astronomischen Ernste sogar noch in unserer Zeit aufgeführt worden sind, wird man zu glauben Mühe haben. So könnte ich den geneigten Leser unterhalten mit den brennenden Naphtaquellen am Aequator des *Mercur*, mit den Sternwarten auf dem Nord- und Südpol der *Venus* und den Zusammenkünften der Astronomen unter der ewigen Wolkendecke der Aequatorialzone, wo sie sich gegenseitig ihre Beobachtungen mittheilen: ich könnte eine ganze Statistik des Mondes beibringen, mit Inbegriff von Civil- und Militärarchitectur, Lebensweise, ökonomischen Verhältnissen im kleinsten Detail bis herunter zu Beantwortung der Frage, ob die Seleniten Bier zu trinken haben oder nicht. Bei der Weitläufigkeit des Gegenstandes und dem innern Werthe der Resultate glaube ich indessen am Besten daran zu thun, wenn ich diejenigen, die an astronomischen Fictionen dieser Art Interesse finden, auf die verschiedenen Publikationen, die solchen Untersuchungen gewidmet sind, verweise.

Es mag wohl Mancher die Ansicht hegen, daß ich die vorhergehenden Betrachtungen gänzlich hätte übergehen sollen: ich denke anders, und will zu meiner Rechtfertigung nur an den Erfolg jener Mystifikation erinnern, die vor etwa 10 Jahren, während *Herschel* am *Cap d. g. H.* sich befand, unter dem Titel „*Herschel's* Entdeckungen auf dem Monde" erschienen ist. Die Schrift — von einem Zeitungscorrespondenten, Namens *Long*, in *New-York* verfaßt — wurde nicht blos in Amerika mit Begierde gelesen, sondern verbreitete sich in mehrfachen Uebersetzungen über ganz Europa, und so handgreiflich erdichtet und monstruös der Inhalt war, so bedurfte es doch wiederholter Erklärungen von Seite der Astronomen, um das Publikum zu enttäuschen.

Zu einer Zeit, wo die Astrologie entschieden ihren Credit verloren hatte, fanden noch astrologische Werke sehr allgemeinen Beifall; ich rechne dieß zu den vielen Widersprüchen der menschlichen Natur, und glaube, daß es in unserer Zeit eine ähnliche Bewandtniß mit abenteuerlichen astronomischen Entdeckungen hat. Der astrologische Wahn ist in unserer Zeit verschwunden, und es wäre eine ganz zwecklose Sache, jetzt die Nichtigkeit desselben nachweisen zu wollen. Es werden höchst wahrscheinlich in gleicher Weise schon im Laufe einiger Decennien die — einer weniger unterrichteten Zeit angehörenden — Meinungen über die Natur und die Grenzen astronomischer Forschung in völlige Vergessenheit gerathen, und *dann* mag es allerdings zweckmäßig sein, sie mit Stillschweigen zu übergehen: für jetzt aber ist es nach meiner Ansicht keineswegs unnöthig, in einer populären Schrift die Verirrungen excentrischer Speculation hervorzuheben.

216. *Zwecklose Bemühungen mancher Liebhaber der Astronomie.* Ehe ich das Kapitel von unfruchtbaren astronomischen Bemühungen schließe, sei es mir gestattet, ein paar Betrachtungen vorzubringen, die einigermaßen mit dem Vorhergehenden verwandt sind. Es gibt in Deutschland kaum eine größere Stadt, wo nicht ein Liebhaber der Astronomie mit einem Fernrohre, oft mit mehreren Instrumenten versehen, zum Geschäfte sich macht, von Zeit zu Zeit himmlische Gegenstände zu beschauen. Manche wenden sogar viele Zeit und Mühe daran, die verschiedenen Körper des Planetensystems, oder einzelne

Digitized by Google

Sterne und Sterngruppen zu durchmustern und näher zu betrachten. Aber fast immer ist mit dem bloßen Beschauen auch das ganze Geschäft erfolglos beendiget. Allerdings gibt es manche höchst erfreuliche Ausnahmen: ein seltenes Beispiel aus älterer Zeit ist Palisch, ein schlichter Landmann in der Nähe von Dresden, der, mit mancherlei Kenntnissen und Instrumenten ausgerüstet, den gestirnten Himmel zu durchsuchen pflegte, und der zuerst den Halley'schen Kometen (1758) bei seiner Rückkehr entdeckt hat: eben so können wir aus der neuern Zeit — um diejenigen gar nicht zu nennen, welche, obwohl einem andern Lebensberufe eigentlich sich widmend, auf eine hohe, oder wie Olbers auf die höchste Stufe astronomischer Berühmtheit sich erschwungen haben — mehrere Männer von verdienstlicher Thätigkeit namhaft machen: Pastorff (in Bucholz); Kunowsky (in Berlin); Henke (in Driessen), der glückliche Entdecker zweier Planeten; Schwabe (in Dessau), durch manche nützliche Arbeiten bekannt; auch Heis (in Aachen) hat unter Argelander's Leitung Helligkeitsbeobachtungen angestellt. Ich könnte noch einige astronomische Liebhaber von verdienstlicher Thätigkeit anführen; nimmt man aber auch alle, die hieher gerechnet werden könnten, zusammen, so ist ihre Anzahl gegen die ganze Zahl der Himmelsbeschauer fast verschwindend. Nicht einer unter Hunderten läßt sich angelegen sein, seine Mühe nützlich und zweckmäßig zu verwenden. An geeigneten Untersuchungsgegenständen fehlt es nicht: die wechselnde Helligkeit der veränderlichen Sterne, die Sonnenflecken, die Verzeichnung von Sternkarten und Vergleichung des Himmels mit den bereits vorhandenen Detailkarten, die Form der Kometen, und die Richtung des Schweifes, Lage und Größe des Zodiacallichtes, und noch vielerlei andere Gegenstände können mit dem besten Erfolge von Liebhabern bearbeitet werden, wenn sie nur mit Ausdauer und Methode dabei zu Werke gehen. Wollen wir hoffen, daß die immer zunehmende Gründlichkeit allgemeiner Bildung im Fache der Astronomie, wie in andern Fächern, hierin nach und nach eine günstigere Gestaltung herbeiführen werde.

e. Mechanische und optische Instrumente.

217. Dollond, Ramsden, Harrison. Das Fortschreiten der Astronomie hängt mit der Vervollkommnung der Instrumente so enge zusammen, daß Alles, was in letzterer Beziehung Verdienstliches geschieht, mit Recht einen Platz in der Geschichte der Astronomie finden muß. Ich lasse deßhalb eine kurze Uebersicht dessen, was von Seite der Mechaniker und Optiker für die Astronomie geschehen ist, hier folgen.

Im vorigen Jahrhundert war London der Sitz der practischen Mechanik und Optik, und alle bessern Instrumente sind daher bezogen worden. P. Dollond erfand um 1750 das achromatische Fernrohr, und stellte mehr durch Versuche, als durch Theorie geleitet, vortreffliche Instrumente her: sein Sohn J. Dolland und sein Schwiegersohn Ramsden übten mit Erfolg Dollond's Kunst aus. Noch heutzutage müssen die Fernröhre der eben genannten Künstler als vorzüglich anerkannt werden. Große Dimensionen erreichten sie übrigens nicht: ihre größten Objektive hatten etwa 3 Zoll Oeffnung und 3½ Fuß Focallänge, und bestanden durchgängig aus drei Linsen, nämlich zwei Crownglaslinsen, und dazwischen eine beiderseits hohl geschliffene Flintglaslinse.

Short hat um 1760 vortreffliche Spiegelteleskope verfertiget; die Astronomie hat aber daraus, so wie aus den Bemühungen anderer Künstler in dem-

Digitized by Google

selben Fache wenig Nutzen gezogen. Nur da, wo Spiegelteleſcope durch die Aſtronomen ſelbſt hergeſtellt, und zugleich angewendet worden ſind, haben ſie Erſprießliches geleiſtet, wie es bei Herſchel der Fall war, deſſen erſtes Inſtrument 1772 vollendet wurde.

Gleichzeitig mit P. Dollond verfertigten Siſſon und Bird Sextanten und Quadranten; letztere bildeten lange Zeit die Hauptinſtrumente zur Beobachtung der Höhe der Sterne, und hatten gewöhnlich einen Halbmeſſer von 8 Fuß. Einen ſolchen Quadranten von Bird ſieht man noch auf der Sternwarte in Mannheim.

Ramsden erwarb ſich durch ſeine mechaniſche eben ſo wohl, als durch ſeine optiſche Kunſt großen Ruhm: er erfand eine Methode, genaue Kreistheilungen zu machen, die von der engliſchen Regierung ihm abgekauft, und im Jahre 1767 bekannt gemacht wurde. Man hatte ſich zu dieſer Zeit überzeugt, daß genaue Winkelmeſſungen nur mit ganzen Kreiſen ausgeführt werden können, und die ſpätern Inſtrumente von Ramsden, worunter der berühmte Höhenkreis von 5 Fuß Durchmeſſer, den er für Piazzi in Palermo (1788), ein Kreis von 8 Fuß für die Sternwarte in Paris, und ein ähnlicher von 11 Fuß für Brinkley in Dublin die vorzüglichſten waren, ſind ſämmtlich hiernach conſtruirt.

In der Verfertigung von aſtronomiſchen Pendeluhren zeichnete ſich Graham vorzüglich aus. Von 1762 fangen die genauen Chronometer an. Schon Philipp III. von Spanien (1598), ſpäter die Holländiſche Regierung, hatten Preiſe ausgeſchrieben für die Beſtimmung der Länge zur See. Das engliſche Parlament ſetzte im Jahre 1714 zu ähnlichem Zwecke einen Preis von 20,000 Pfund Sterling aus: die Hälfte des Preiſes wurde im Jahre 1762 dem Erfinder, oder wenigſtens erſten Verfertiger genauer Chronometer, Harriſon zuerkannt. Seit dieſer Zeit ſind in London durch Arnold, Kendall, Mudge und Emery ausgezeichnete Chronometer hergeſtellt worden, die nicht blos für die Schifffahrt, ſondern auch für die Aſtronomie bald große Wichtigkeit erlangt haben.

In Paris wurden ſowohl optiſche, als Kreisinſtrumente verfertiget, jedoch im Allgemeinen nicht mit beſonderer Vollkommenheit. Gute Uhren und Chronometer haben Berthoud und Le Roy geliefert.

In Deutſchland hat im vorigen Jahrhundert außer Brander in Augsburg wohl Niemand beſondern Ruf als Künſtler gehabt; und wenn in andern, als den oben erwähnten Theilen Europas Inſtrumente verfertiget worden ſind, ſo hat davon die Wiſſenſchaft, ſo weit mir bekannt, keinen Nutzen gezogen.

218. Reichenbach, Fraunhofer. So ſtand es ungefähr zu Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts, als in München beſondere Umſtände eine neue Künſtlerthätigkeit hervorriefen. Während die bayriſche Triangulation auf Befehl der franzöſiſchen Conſularregierung unter Leitung des Oberſten Bonne anfangen ſollte, fand man es unmöglich, Inſtrumente zu erhalten, und veranlaßte den Artilleriehauptmann Reichenbach, welcher von der Regierung zu ſeiner Ausbildung nach England geſchickt worden war, und daſelbſt Künſtlerwerkſtätten beſucht hatte, ſich mit dem Uhrmacher Liebherr zu verbinden, und mathematiſche Inſtrumente fertigen zu laſſen. Das Unternehmen gelang über alle Erwartung; die trefflichen Ideen Reichenbach's, der Theorie und Praxis verband, und Liebherr's ausgezeichnete techniſche Leitung brachten Inſtrumente von weit größerer Vollkommenheit zu Stande, als man ſie früher vom Auslande hatte beziehen können; beſonders die Kreistheilungen mit der von Reichenbach nach neuem Princip conſtruirten Theilmaſchine übertrafen weit

Digitized by Google

an Feinheit und Genauigkeit die besten Leistungen auswärtiger Künstler. Es war nur noch der Beitritt Utzschneider's, jenes außerordentlichen Mannes, dessen rastlose Thätigkeit die verschiedensten Zweige der Staatsverwaltung und Industrie umfaßt hat, nöthig, um das von Reichenbach und Liebherr Begonnene zu einem ausgebreiteten, merkantilisch geregelten Geschäfte zu erheben. Um vollständige Instrumente zu liefern, fehlten blos noch die Objective; weder tauglicches Glas war vorhanden, noch ein Optiker, der es zu bearbeiten verstand. Utzschneider unternahm deßhalb eine Reise ins Ausland, und brachte von La Chaux de fonds bei Genf den Optiker Guinand nach München, der ein Verfahren erfunden hatte, reines Flintglas herzustellen, aber so wenig seiner Kunst Geltung zu geben vermochte, daß er mit gewöhnlicher Tagwerkerarbeit sich theilweise zu nähren genöthigt war. Guinand stellte in Benedictbeuern (unweit München) vollkommen brauchbares Glas her, zog sich indessen bald in sein Vaterland zurück, und wurde durch Fraunhofer ersetzt, der schon einige Zeit bei der Glasbereitung mitgewirkt, und das Verfahren kennen gelernt hatte. Fraunhofer gehört zu jenen seltenen Männern, die, höhern Beruf fühlend, alle Hindernisse ungünstiger Umgebung und drückender Lebensverhältnisse durch die Kraft eines beharrlichen Willens beseitigen, und unaufhaltsam ihrer Bestimmung zueilen. Als Glaserlehrling, entblößt von allem Unterrichte, hatte er durch nächtliches Studium selbst sich bedeutende Kenntnisse, besonders in der Mathematik verschafft, und verschiedene Schicksale brachten ihn zuletzt gerade in den Wirkungskreis, zu welchem er von der Natur bestimmt zu sein schien. Seine Laufbahn war kurz, aber erfolgreich. In Zeit von wenigen Jahren hatte er alle Theile der praktischen Optik auf eine bis dahin nie erreichte Stufe der Vollkommenheit gebracht, und zugleich durch klassische Arbeiten, in dem rein wissenschaftlichen Theile, seinen Ruf als Gelehrter begründet. Im Jahre 1824 lieferte er den großen Dorpater Refractor ab, und war eben mit neuen Fortschritten beschäftiget, als seine von Natur schwächliche Constitution der Anstrengung erlag. Sein Grabstein trägt eine Reliefdarstellung des Dorpater Refractors mit der glücklich gewählten Inschrift: Approximavit sidera (er hat uns die Sterne näher gebracht).

Bis zum Jahre 1814 nahmen Utzschneider, Reichenbach, Fraunhofer und Liebherr an demselben Etablissement Theil, in diesem Jahre aber trennten sie sich: Reichenbach gründete das mechanische, Utzschneider und Fraunhofer das optische Institut. Beide arbeiteten mit gleich ausgezeichnetem Erfolge. Bald sah man an allen bessern Sternwarten Deutschlands, an allen russischen, zum Theile auch an italienischen und französischen Sternwarten Münchener Instrumente aufgestellt, und sie fingen schon an, in entfernte Welttheile versendet zu werden. Die Astronomie erhielt theils durch die Vervollkommnung der Instrumente selbst, theils auch durch den Umstand, daß sie ausgezeichneten Astronomen in die Hände kamen, und insbesondere Bessel die Beobachtungsmethoden zur höchsten Stufe der Ausbildung gebracht hat, einen neuen Aufschwung, und bis zum Tode Fraunhofers, dem Reichenbach einige Tage früher vorangegangen war, hatten die Münchener Werkstätten einen mehr als europäischen Ruf erlangt.

Während der Periode, die wir eben betrachtet haben, ist in dem übrigen Deutschland kaum etwas Erhebliches für Herstellung genauer astronomischer Instrumente geschehen: in Paris wurden durch Borda und Lenoir wesentliche Fortschritte in der Construction und genauen Ausführung von Kreisinstrumenten zu Stande gebracht, ohne jedoch das zu erreichen, was durch Reichenbach geschehen war. In England hielt man sich durchgängig an die Construction

Digitized by Google

und Grundsätze, die Ramsden in Anwendung gebracht hatte, und Troughton, ein allgemein hochgeachteter Künstler, versah alle brittischen Sternwarten sowohl in, als außer Europa mit den nöthigen Instrumenten: die Optik machte aber in England seit Ramsden keine Fortschritte.

219. Die Institute von Reichenbach und Fraunhofer fortgesetzt von Ertel und Merz; Fortschritte in der genauen Mechanik. Nach dem Tode Fraunhofer's und Reichenbach's setzte Merz das optische, Ertel das mechanische Institut fort. Ersterer hat nicht allein die übernommene Kunst mit gleicher Vollkommenheit ausgeübt, sondern ist nach und nach zu immer größern Dimensionen vorgeschritten, so daß, während das größte Fraunhofer'sche Objectiv nicht über 9 Zoll im Durchmesser hatte, Merz bereits mehrere Objective von 14 Zoll hergestellt hat, und noch größere Dimensionen (gegenwärtig bis zu 18 Zoll) auszuführen bereit ist. Auf solche Weise ist das optische Institut stets im Wachsen begriffen gewesen: die Anstalten, wo nicht bereits Fernröhre von Fraunhofer sich befanden, sind von Merz mit solchen versehen; und in keinem Welttheile findet man jetzt eine Sternwarte, die nicht ihren Bedarf an größern Fernröhren von München bezogen hätte.*) Auf gleiche Weise hat auch der Ruf des mechanischen Instituts unter Ertel durch stets fortschreitende Verbesserung der Construction und eine möchlichst sorgfältige Ausführung aller Theile der Instrumente immer zugenommen, was um so schwerer zu bewerkstelligen war, als hierin bald eine beträchtliche Concurrenz entstand.

Die Grundsätze, die Reichenbach angewendet hat, enthielten kein Geheimniß, und wenn in der Art der Ausführung ein Geheimniß gewesen wäre, so würde es durch die große Anzahl Arbeiter von allen Theilen Deutschlands, die in seiner Werkstätte aufgenommen wurden, bald zu allgemeiner Kenntniß gelangt sein. Von seiner Kreistheilmaschine, deren Einrichtung vom Anfange geheim gehalten wurde, verkaufte er selbst später Kopien nach Wien, Dresden und andern Städten. Es war demnach sehr natürlich, daß bald in auswärtigen Städten die genaue Mechanik in großer Vollkommenheit ausgeübt wurde. Repsold in Hamburg, Pistor in Berlin, das polytechnische Institut in Wien haben sich am meisten ausgezeichnet. Repsold insbesondere hat auch nach Rußland, England und Amerika viele sehr gelungene Instrumente geschickt. Gleichwohl scheint man noch immer der Geburtsstätte der genauen Mechanik ein gewisses Vorrecht zuzugestehen, und Ertel fährt jetzt noch unablässig fort, europäische, wie außereuropäische Sternwarten mit Instrumenten zu versehen.

In England hat, wie wir bereits oben gemeldet haben, Troughton, der im Jahre 1832 in einem Alter von 80 Jahren gestorben ist, großes Ansehen gehabt. Neben ihm traten Jones und Simms auf. Letzterer hat gegenwärtig noch in London eine der größten und am meisten beschäftigten Werkstätten.

In Frankreich finden wir mehrere Künstler von ausgebreitetem Rufe, worunter Lenoir und Gambey in der genauen Mechanik, Cauchoix in der Optik sich ausgezeichnet haben; größere Instrumente für Sternwarten sind von ihnen indessen meines Wissens wenige geliefert worden. Außer den Instrumenten der Pariser Sternwarte kenne ich nur vier große Fernröhre von Cauchoix,

*) Plößl in Wien hat vortreffliche dialytische Fernröhre von kleinern Dimensionen geliefert, die jedoch meines Wissens wenig von Astronomen benützt worden sind: ob er den für Pulkowa bestellten dialytischen Refractor (6 Zoll Oeffnung) zur Vollendung gebracht hat, ist mir nicht bekannt. Petzval in Wien hat in neuester Zeit beträchtliche Fortschritte in der Theorie astronomischer Objective gemacht, die jedoch erst in die Praxis übergehen müssen.

Digitized by Google

zwei in England, eines in Rom, eines in Brüssel, und einen Meridiankreis von Gambey, ebenfalls in Brüssel. In Frankreich wie in England kann die Optik, ungeachtet aller Geschicklichkeit der Künstler, nicht gedeihen, so lange man nicht im Stande ist, geeignetes Glas zu bereiten. Die Fraunhofer'sche Bereitungsart wird als tiefes Geheimniß bewahrt, auch von dem bereiteten Glase kein Stück in rohem Zustande abgegeben. Das von Guinand und Andern, denen dieser sein Geheimniß mittheilte, dargestellte Glas bleibt an Größe und Güte gegen das Fraunhofer'sche weit zurück, und alle deßfallsigen Bemühungen der Chemiker haben keinen genügenden Erfolg gehabt. Was die vor ein paar Jahren angekündigte Herstellung vollkommen brauchbarer Glasstücke von jeder beliebigen Größe durch Bontems in Paris betrifft, so muß man erst die Wirkung der daraus verfertigten Instrumente abwarten.

Die Fortschritte der höhern Uhrmacherkunst haben wir oben bis Mudge erwähnt: seither hat sie sich auf einen Standpunkt erhoben, der den Bedürfnissen der Astronomie vollkommen genügt. Dent, Molyneux, Parkinson in London, Breguet in Paris, Jürgensen in Copenhagen, Kessels in Hamburg haben alle Vorzügliches geleistet.

220. Künftige Aussichten. Eine sehr natürliche Frage dürfen wir hier nicht unberührt lassen, nämlich was die Astronomie zunächst von der fernern Vervollkommnung der Instrumente zu erwarten habe. Hinge die Schärfe des Sehens blos von den Instrumenten ab, dann würde jeder neue Fortschritt in dieser Beziehung auch eine verhältnißmäßige Vermehrung der Genauigkeit der Beobachtung zur Folge haben. So ist es aber nicht: die Atmosphäre der Erde bricht und zerstreut zum Theile das Licht der Gestirne mehr oder weniger, je nachdem sie mehr oder weniger bewegt ist, und das vollkommenste Fernrohr vermag natürlich nicht, verworrenes Licht zu einem deutlichen Bilde zu sammeln. Eben so hilft bei Kreisinstrumenten eine Ablesung auf Zehntelsecunden wenig, so lange man nicht auf Zehntelsecunden einzustellen im Stande ist. Diese Uebelstände kenne ich aus eigener Erfahrung sehr genau. Es ist gar nichts Seltenes, daß man bei Beobachtungen mit dem Meridiankreise die Sterne, während sie durch das Feld des Fernrohrs passiren, zwei bis drei Secunden in der Höhe schwanken sieht; und bei Beobachtungen mit dem Refractor rechne ich diejenigen Nächte zu den günstigen, wo eine Vergrößerung von 400 mit Vortheil gebraucht werden kann, während der Refractor an und für sich eine 900 malige Vergrößerung sehr wohl vertragen würde.

Zwar beweisen die Beobachtungen von Sir W. Herschel und die neuern von Lord Rosse, daß mit größern Fernröhren, als gegenwärtig an Sternwarten zu finden sind, das Gebiet der Astronomie eine wesentliche Erweiterung erhalten könne; gleichwohl ist dieß nach meiner Ansicht nicht der Weg, auf welchem man suchen sollte, zunächst der Beobachtung größere Wirksamkeit zu verschaffen. Weit bedeutenderer Vortheil für die Wissenschaft würde von einer veränderten Construction der Instrumente zu erwarten sein, von einer solchen Construction nämlich, wodurch man im Stande wäre, mit weniger Zeit und Arbeit dieselben Beobachtungen auszuführen. Bei allen unsern Instrumenten haben die Verfertiger nur die Genauigkeit der Bestimmungen im Auge gehabt; wie lange man an den Instrumenten auf- und absteigen muß, um die vollständige Ablesung zu erhalten, ist nie in Betracht gezogen worden. In der Regel wird man kaum mehr als 15 bis 20 Meridianbeobachtungen des Tages an einer Sternwarte erhalten, während die Zahl der Sterne, die beobachtet werden sollten, viele Millionen beträgt. Man sieht, daß die Leistung einer Sternwarte zu der Arbeit, die vorliegt, in keinem Verhältnisse steht. Eben so ist es der

Digitized by Google

Fall bei den Micrometermessungen, welche mit großen Fernröhren auszuführen sind. — Nach meiner Ansicht ist demnach eine bequemere, für den Beobachter vortheilhaftere Construction der Instrumente unter den jetzigen Verhältnissen das geeignetste Mittel, die praktische Astronomie zu fördern. Nach Erfindung des Daguerreotyps ist wiederholt die Idee ausgesprochen worden, daß es mit Vortheil zur Aufzeichnung der Gestirne benützt werden könne: es ist auch die Nachricht veröffentlicht worden, daß man an der Sternwarte in Rom wirklich davon Gebrauch gemacht habe.*) Ich bin übrigens durch eigene Versuche zu der Ueberzeugung gelangt, daß die vortheilhafte Anwendung dieses Mittels die Beseitigung vieler Hindernisse, die jetzt noch bestehen, voraussetzt.

f. Astronomischer Verkehr und Wege astronomischer Mittheilung.

221. Verhältnisse der frühern Zeit. Eine Geschichte der Astronomie würde in einem wesentlichen Punkte unvollständig sein, wenn sie nicht der gegenseitigen Mittheilungen und des Verkehrs, der insbesondere zwischen den astronomischen Anstalten besteht, in Kürze erwähnte. Schon in einer frühern Epoche der Astronomie wurde sehr wohl erkannt, wie wichtig es ist, daß diejenigen, die auf ein gemeinschaftliches Ziel hinarbeiten, von allen darauf bezüglichen Unternehmungen Kenntniß erhalten, um so mehr als es sehr viele Resultate gibt, zu welchen man nur durch Vereinigung der an verschiedenen Orten gemachten Beobachtungen gelangen kann. Wir finden diesem gemäß zur Zeit des Tycho, des Kepler, des Galilei einen lebhaften Verkehr zwischen den Astronomen, sowohl in Deutschland als auch in Italien: bald dehnte sich dieser Verkehr über Frankreich, England, Holland aus.

Brieflicher Verkehr hatte übrigens, bei den beschränkten Communicationswegen früherer Zeit manche Schwierigkeiten und konnte überhaupt nur so lange genügen, als die Zahl derjenigen, die sich mit Astronomie befaßten, sehr klein war. In dem Maße als die Zahl sich vermehrte, wurde das Bedürfniß eines öffentlichen Organs astronomischer Mittheilung immer fühlbarer. Die Gelehrtenzeitung (Journal des Savans) in Paris, im Jahre 1665 ins Leben getreten und 128 Jahre fortgesetzt, diente vorzugsweise zur Verbreitung astronomischer Nachrichten. In Deutschland ist wohl Bode als der erste zu nennen, der in dieser Hinsicht der Wissenschaft von Nutzen gewesen ist. Er fügte dem Berliner astronomischen Jahrbuche, von 1776 anfangend, jedes Jahr einen Anhang bei, worin eine Auswahl von wichtigern Aufsätzen, brieflichen Mittheilungen und kürzern Notizen enthalten war.

222. v. Zach, v. Lindenau, Bohnenberger. Die Wichtigkeit allgemeiner öffentlicher Mittheilung ist aber erst von dem Gothaischen Oberstthofmeister, Freiherrn v. Zach, in ihrer vollen Bedeutung aufgefaßt worden: ihm gebührt das Verdienst, nicht blos den richtigen Weg erkannt, sondern auch durch seine rastlose Thätigkeit, ein Unternehmen ausgeführt zu haben, welches durch die unmittelbar hervorgerufene Wirkung sowohl, als durch den Einfluß auf die Folgezeit, stets in der Geschichte der Astronomie denkwürdig bleiben wird. Im Jahre 1798 fing v. Zach mit der Herausgabe der „geographischen Ephemeriden" an, wobei er auf Astronomie zum Theile Rücksicht nahm. An die Stelle der geographischen Ephemeriden setzte er seit

*) Ich habe die Abbildung des Orionnebels, die auf solche Weise hergestellt sein soll, in den Beobachtungen der Sternwarte des Collegio Romano gesehen, kann aber nicht davon sagen, daß sie auch nur im entferntesten als gelungen zu betrachten wäre.

Digitized by Google

1800 die „monatliche Correspondenz," welche der Astronomie fast ausschließlich gewidmet war. Selbst thätiger Astronom und mit umfassenden Kenntnissen versehen, bereiste er wiederholt die verschiedenen Staaten Deutschlands, Italien, Frankreich und England, wurde mit den meisten Astronomen persönlich bekannt, und stand wohl mit allen in Briefwechsel, veranlaßte Mittheilungen über alle interessanten Erscheinungen und alle neuen Unternehmungen; auf solche Weise rief er einen geistigen Verein sämmtlicher Astronomen ins Leben, dessen Centralpunkt die Sternwarte Seeberg bei Gotha bildete. Ein regeres Leben hatte sich niemals in der Astronomie gezeigt: die monatliche Correspondenz bot ein vollständiges Bild der astronomischen Thätigkeit aller europäischen, wohl auch der außereuropäischen Reiche dar. Von 1807 bis 1813 führte Freiherr von Lindenau, der die Leitung der Sternwarte Seeberg übernommen hatte, während v. Zach in Frankreich und Italien sich aufhielt, die Redaction. Der Ausbruch des Kriegs im Jahre 1813 rief v. Lindenau (als Generaladjutant des Großherzogs von Weimar) in's Feld, und setzte dem Erscheinen der monatlichen Correspondenz ein Ziel. Als nach Beendigung des Krieges v. Zach sich entschloß, in Genua eine Fortsetzung seiner monatlichen Correspondenz in französischer Sprache (Correspondance Astronomique), herauszugeben, vereinigten sich v. Lindenau und Bohnenberger zur Herausgabe einer „Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften," die, so ausgezeichnet die Redaction auch geführt wurde, nur drei Jahre (1816—1818) fortgesetzt worden ist.

Schumachers astronomische Nachrichten, neuere Nachahmungen. Die Astronomie entbehrte einige Zeit eines Centralpunktes, bis im Jahre 1823 der König von Dänemark dem Vorstande der Sternwarte in Altona, Conferenzrath Schumacher, in den Stand setzte, eine neue astronomische Zeitschrift, unter dem Titel „Astronomische Nachrichten" herauszugeben. Der Plan war für die Bedürfnisse der Astronomie sehr wohl berechnet, und der Erfolg der Zeitschrift (sie besteht jetzt über 25 Jahre) hat alles Frühere dieser Art weit übertroffen: sie vereiniget die Beobachtungen und Resultate, die unmittelbares Interesse haben, aus allen Theilen der Welt, und ist auch über alle Welttheile verbreitet.

Als Nachahmung der „Astronomischen Nachrichten" hat in neuester Zeit Mitchel in Cincinnati seinen „Astronomischen Boten" (Sidereal Messenger), herauszugeben begonnen, jedoch war die Theilnahme nicht hinreichend, um der Zeitschrift längern Bestand zu sichern. Bald nach dem Aufhören dieser Publikation erschien das „astronomische Journal" (astronomical Journal) von Gould in Cambridge (Nordamerika), welches jedenfalls die Schwierigkeiten, die einem neuen Unternehmen sich stets entgegenstellen, erst zu überwinden haben wird.

Es verdient, wie ich glaube, noch der Umstand hier hervorgehoben zu werden, daß die Einführung eines allgemeinen Weltverkehrs im Fache der Astronomie (und mehr oder weniger auch in andern wissenschaftlichen Fächern) von Deutschland ausgegangen ist, und zu einer Zeit zu Stande gebracht wurde, wo mehr als eine europäische Nation im Gefühle einer eingebildeten Selbstständigkeit und überlegenen Productionskraft das Streben zeigte, sich abzuschließen und auswärtige Leistungen und Bestrebungen keiner Beachtung zu würdigen. Es lag von jeher im Geiste der deutschen Nation, die Fortschritte des menschlichen Wissens unabhängig von völkerschaftlicher Eifersucht aufzufassen, allenthalben Erweiterung der Wissenschaft zu suchen, und gleiche Würdigung dem Fremden wie dem Eigenen zuzuwenden. Von dem erfreulichen Erfolge

Digitized by Google

dieser glücklichen Anlage wird ein Ueberblick der Leistungen deutscher Forscher, besonders seit Anfang dieses Jahrhunderts, das genügendste Zeugniß geben.

223. Verbindung zwischen den Sternwarten. Was die regelmäßigen Beobachtungen und größern Arbeiten der Sternwarten betrifft, so werden sie fast überall auf öffentliche Kosten gedruckt, so daß in der Regel alle Jahre ein Band erscheint; und jede Sternwarte theilt allen übrigen ihre Arbeiten mit. Die Versendung astronomischer Beobachtungen und anderer ähnlicher Mittheilungen wird in einigen Staaten im Auftrage der Regierung durch die Gesandtschaften vermittelt (z. B. in Oestreich und Nordamerika); wo dieß nicht der Fall ist, treten oft große Uebelstände ein. Bei der Versammlung der brittischen Association im Jahre 1845 ist die Einführung eines allgemeinen Gelehrtenverkehrs unter Begünstigung der Regierungen zur Sprache gekommen; ein Erfolg ist übrigens bisher nicht bekannt geworden. Bei der großen Wichtigkeit des Zweckes wird Jeder, dem der Aufschwung wissenschaftlicher Bestrebungen am Herzen liegt, wünschen, daß es gelingen möge, die gegenwärtig bestehenden Hindernisse zu beseitigen.

Es ist oft wenigstens mündlich in Anregung gebracht worden, ob nicht eine engere Verbindung der Sternwarten als die bisherige, und insbesondere eine durch gemeinschaftliches Benehmen herbeizuführende Vertheilung der Arbeiten erzielt werden könnte. Da jede einzelne Anstalt ihre Selbstständigkeit bewahren muß, so möchte es kaum gelingen, die Schwierigkeiten, die hiebei sich ergeben würden, zu überwinden, so sehr es auch nicht in Abrede gestellt werden kann, daß die astronomischen Arbeiten an Ausdehnung und Zusammenhang gewinnen müßten. Uebrigens muß man gestehen, daß die gegenwärtige Einrichtung, wenn sie gleich den Erfolg hat, daß dieselben Beobachtungen von mehreren Anstalten zugleich gemacht werden, andererseits wieder einen wesentlichen Vortheil in so ferne herbeiführt, als die Anwendung verschiedener Instrumente und verschiedener Methoden eine höchst wünschenswerthe Controlle bildet, und den Resultaten eine Sicherheit gibt, die sie auf keine andere Weise erhalten könnten.

g. Populäre Astronomie.

224. Verschiedene populäre Schriften. Ueber den Werth und die Wichtigkeit populärer Astronomie sind die Meinungen der Astronomen von jeher verschieden gewesen, und sind es jetzt noch: während die Einen dafür halten, daß populäre Belehrung außer dem Bereiche der Wissenschaft liege, erblicken die Andern darin nicht nur einen an und für sich wünschenswerthen Zweck, sondern glauben auch, daß eine wohlthätige Rückwirkung auf die Wissenschaft selbst stattfinde. In früherer Zeit haben selten die Astronomen, und nur bei besondern Erscheinungen, sich an das größere Publikum gewendet: das Geschäft gemeinfaßlicher Publikation wurde einer Klasse astronomischer Dolmetscher überlassen, die, gewöhnlich mit nothdürftigen Kenntnissen ausgerüstet, das, was Andere gesehen und gedacht haben, in gewöhnlicher Sprache darzustellen übernahmen. Wie nicht anders zu erwarten war, mußte sich bald auf solche Weise mit populärer Astronomie ein eben nicht vortheilhafter Begriff verbinden. Später, nachdem sich ein höherer Bildungsgrad und wissenschaftliche Vorbegriffe auf immer größere Kreise ausgedehnt hatten, machte sich ziemlich allgemein unter wissenschaftlichen Männern die Ueberzeugung geltend, daß die Astronomie zu ihrem Gedeihen einer Stütze in der öffentlichen Meinung bedürfe; und so haben viele Astronomen, und unter

Digitized by Google

ihnen die größten Männer unsers Jahrhunderts, Laplace, Herschel, Arago, Bessel zu populären Mittheilungen Veranlassung genommen.

Rechnet man als populäre Arbeiten Alles, was nicht ausschließlich für die Männer vom Fache gehört, so muß man nothwendig mehrere Klassen unterscheiden. Manche Arbeiten gibt es, die eben sowohl dem Dilettanten, als dem Astronomen von Interesse *) sind, wie z. B. sämmtliche Sternkarten, die Abhandlungen von Sir W. Herschel sowohl, als jene von Sir J. Herschel;

---

*) Für Liebhaber der Astronomie lasse ich hier über die obigen Werke einige näheren Angaben folgen: neuere Sternkarten sind:

Argelander neue Uranometrie, Bonn 1842; die besten vorhandenen Sternkarten, in so ferne es sich um Sterngrößen handelt; es sind übrigens nur die mit freiem Auge sichtbaren Sterne darin eingetragen.

Harding, Atlas novus coelestis, Göttingen 1822, 27 Tafeln gegen 120,000 Sterne enthaltend, die vollständigsten jetzt vorhandenen Sternkarten.

Schwinck, Atlas coelestis, Leipzig 1838, fünf große und sorgfältig bearbeitete Blätter.

Lubbock, maps of stars, London 1839, sechs Blätter in größtem Format, vorzüglich brauchbar.

Berliner academische Sternkarten, noch nicht vollendet. Auf 24 Blättern soll die Mittelzone des Himmels (von 15° südlich bis 15° nördlich vom Aequator) dargestellt werden, so daß alle, mit einem Fraunhoferschen Kometensucher von 34" Oeffnung, sichtbaren Sterne eingetragen sind. Die Wichtigkeit dieser Arbeit hat sich bereits unter Anderm durch die Entdeckung mehrerer neuen Planeten erwiesen.

Aeltere Sternkarten sind: Bode's kleiner Atlas; Bode's Uranographie (20 Blätter in großem Format); Semler's Atlas (Sterne weiß auf schwarzem Grund); Flamsteed's Atlas; Bayer's Uranometrie.

Die Abhandlungen von Sir W. Herschel finden sich in den Denkschriften der Royal Society: W. Pfaff hat angefangen, sie zu sammeln, und in deutscher Uebersetzung unter dem Titel: „Herschels sämmtliche Schriften, 1. Bd. über den Bau des Himmels, Dresden und Leipzig 1826" herauszugeben: die Fortsetzung ist nicht erschienen.

Mehrere Abhandlungen von Sir J. Herschel sind in den Denkschriften der astronomischen Societät und der Royal Society zu finden: ein prachtvoll ausgestattetes Werk von ihm ist kürzlich auf Kosten des Herzogs von Northumberland erschienen, enthaltend die Resultate seiner Beobachtungen am Cap 1834—38 (Results of Astronomical Observations made at the Cape of good Hope by Sir J. F. W. Herschel, London 1847).

Struve gab zwei Berichte heraus (Ueber die Doppelsterne u. s. w., Bericht an den Fürsten Lieven, 1827. — Ueber die Doppelsterne u. s. w. Bericht an Herrn v. Ouvaroff 1837). Derselbe machte in neuester Zeit seine Untersuchungen über die Verhältnisse und Vertheilung der Fixsterne (Etudes d'Astronomie Stellaire par F. G. W. Struve, St. Pétersbourg 1847) bekannt.

Die vollständigen Titel der übrigen im Text erwähnten Werke sind:

Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen, oder allgemein vergleichende Selenographie von Beer und J. H. Mädler, Berlin 1837 (gegenwärtig das Hauptwerk über den Mond. Lohrmanns Selenographie ist unvollendet gelassen worden; das große Werk von Schröter über denselben Gegenstand, Selenographische Fragmente, ist, was die Detailzeichnungen betrifft, nicht mit der erforderlichen Genauigkeit ausgeführt).

Beiträge zur physischen Kenntniß der himmlischen Körper im Sonnensysteme von W. Beer und Dr. J. H. Mädler, Weimar 1841 (enthält Mehreres über den Mond, Saturn, Jupiter, Mars, Venus, Mercur).

Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände von F. W. Bessel, Hamburg 1848 (enthält 11 astronomische Abhandlungen und 4, die mehr der Physik oder reinen Mathematik angehören).

Bode, astronomisches Jahrbuch nebst einer Sammlung der neuesten in die astronomischen Wissenschaften einschlagende Abhandlungen, Beobachtungen und Nachrichten, Berlin 1774—1828, 54 Bände.

Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde von Freiherrn v. Zach, Gotha 1800—1811, 24 Bände.

Annuaire présenté au roi par le Bureau des longitudes: die Aufsätze von Arago finden sich in den Jahrgängen 1827—1846.

Digitized by Google

Struve's Berichte; „die Selenographie" von Beer und Mädler, und „Beiträge zur Kenntniß der Planetenoberflächen" von denselben; auch Laplace's Darstellung des Weltsystems und Bessel's populäre Vorlesungen mögen hieher gezählt werden, obwohl sie nur das enthalten, was die erwähnten Gelehrten in streng wissenschaftlicher Form den Astronomen früher schon mitgetheilt hatten. Reich an Aufsätzen, welche in diese Kategorie gehören, war früher Bode's astronomisches Jahrbuch, und v. Zach's monatliche Correspondenz. Die Aufsätze von Arago in dem Jahrbuche (Annuaire) des Längenbureau in Paris gehören entschieden zu den besten Arbeiten, die man in dieser Klasse aufweisen kann.

Eine zweite Klasse populärer astronomischer Arbeiten umfaßt diejenigen, in welchen versucht wird, die mathematischen Entwickelungen zu vereinfachen, und auf elementare Sätze zurückzuführen. Möbius hat die Lehrsätze der physischen Astronomie elementar entwickelt: ähnliche Versuche populärer Lehrgebäude (theils die ganze Astronomie, theils einzelne Abtheilungen umfassend) von Herschel, Francoeur, Pontécoulant, Airy und Quetelet waren früher bereits im Auslande erschienen. *) Einiges hieher Gehörige hat Littrow geliefert; ein Theil von Mädlers populärer Astronomie ist ebenfalls unter diese Klasse zu stellen. An die erwähnten Schriften wären noch die für Schulen bestimmten Lehrbücher anzureihen, wovon Deutschland einen unerschöpflichen Reichthum besitzt.

Als eine dritte Klasse zähle ich diejenigen Arbeiten, welche eigentlich für volksthümliche Belehrung bestimmt sind: dazu gehören vorzüglich Littrows Wunder des Himmels (Stuttgart 1837); Mädlers populäre Astronomie (Berlin 1846), Mädlers astronomische Briefe (Mitau 1846); Stern's (volksfaßlich bearbeitete) Himmelskunde und die astronomischen Schriften von W. Pfaff. Bode's Schriften, so weit sie hieher gehören, sind gut, aber geben von dem jetzigen Stande der Astronomie kaum mehr eine genaue Vorstellung. In diese Klasse gehörige Schriften hat das Ausland von Quetelet in Brüssel), Nichol (in Glasgow), Kaiser (in Leyden) u. s. w. aufzuweisen.

Eine vierte Klasse bilden die Ephemeriden für Liebhaber der Astronomie, wovon unter dem Titel „astronomische Jahrbücher" mehrere früher herausgegeben wurden, namentlich von Schumacher, Kreil und Andern, und denen auch populäre Abhandlungen beigegeben waren: **) diese haben indessen sämmtlich zu erscheinen aufgehört: Littrows astronomischer Kalender, Quetelets

*) Von allen diesen Schriften, mit Ausnahme, wie ich glaube, von Quetelets Astronomie (die übrigens so vielen Beifall gefunden hat, daß sie, obwohl nicht in Frankreich erschienen, dennoch in den französischen Schulanstalten eingeführt worden ist), besitzen wir auch deutsche Uebersetzungen. Bei dieser Gelegenheit halte ich es für meine Pflicht, den Leser vor der Uebersetzung von Pontécoulant's populärer Astronomie (Stuttgart 1846), von der „Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher" herausgegeben, zu warnen. Wie ein Schriftsteller unternehmen konnte, ein Buch, von dessen Inhalte er offenbar nichts verstanden hat, zu übersetzen, ist unbegreiflich; noch unbegreiflicher aber ist es, wie ein Verein sich bereden lassen konnte, ein solches Machwerk herauszugeben.

**) Die Titel sind:

Astronomisches Jahrbuch, herausgegeben von H. C. Schumacher, Stuttgart 1836—1843.

Astronomisch-meteorologisches Jahrbuch für Prag von K. Kreil, Prag 1842—1845.

Ich habe ebenfalls von 1838—1842 ein „Jahrbuch der königl. Sternwarte bei München" herausgegeben.

Digitized by Google

Jahrbuch und das Jahrbuch des Längenbureau in Paris, wovon alle vorgenannten Publikationen nur Nachahmungen sind, werden noch fortgesetzt.

225. Verschiedene Grade der Popularität. Im Vorhergehenden sind die verschiedenen Schriften nach dem Zwecke und Inhalte, nicht nach dem Grade der Popularität aufgezählt. Man wird sich leicht vorstellen können, daß auch hierin eine große Verschiedenheit bestehen werde, je nach dem eigenthümlichen Gedankengange des Schriftstellers und den Vorkenntnissen, die er bei den Lesern vorausgesetzt hat. Einige Schriftsteller haben nur die gewöhnliche Bildungsstufe, wie sie jeder gute Schulunterricht ertheilt, vorausgesetzt, und sich einer einfachen und natürlichen Entwickelungsweise beflissen; früher Littrow, in neuester Zeit Mädler haben gebührende Anerkennung und einen weiten Kreis von Lesern in allen Ständen gefunden. Auf solche Weise läßt sich ein richtiges Bild im Ganzen, keine vollständige Darstellung der Einzelheiten geben: es verhält sich damit ungefähr wie mit einem Porträt, wo die Hauptzüge allein, gehörig aufgefaßt, Person und Charakter vollkommen kenntlich machen, und eine Wirkung haben, die ein ganz naturgetreues Detail nicht hervorzubringen im Stande ist. Einige Schriftsteller indessen haben eine solche allgemeine Darstellung für unzulänglich und unfruchtbar gehalten, und deßhalb eine richtigere Auseinandersetzung des Details, und, als nothwendige Folge, eine mehr wissenschaftliche Sprache eingeführt; dadurch werden mehr Vorkenntnisse vorausgesetzt, und die Zahl der Leser vermindert. Es wäre sogar nicht schwer, Gelehrte namhaft zu machen, die hierin so weit gegangen sind, daß ihre populären Entwickelungen nur von demjenigen verstanden werden können, der eine vollständige Kenntniß der mathematischen Theorie bereits besitzt.

Man kann nicht sagen, daß gemeinfaßliche Darstellung wissenschaftlicher Gegenstände überhaupt bei uns einen sehr hohen Grad von Vollkommenheit im Allgemeinen erreicht hat. Einige haben sogar die Meinung geäußert, daß der tiefe Forschungsgeist, der ungezweifelt dem deutschen Volke eigenthümlich ist, der Production populärer Arbeiten nicht günstig sei. Hierin liegt aber sicherlich der Grund obiger Erscheinung nicht: er liegt im Publikum selbst. Sobald das Bedürfniß populärer Belehrung allgemeiner geworden ist, werden Männer, die mit vollendeter Kenntniß des wissenschaftlichen Stoffes die Gabe volksthümlicher Auffassung, und die nöthige Gewandtheit der Darstellung vereinigen, es der Mühe werth finden, als Volkslehrer aufzutreten; alsdann ist der Erfolg nicht mehr zweifelhaft.

Digitized by Google

Anhang.

Magnetismus der Erde.

I. Vorbegriffe.

226. *Begriff von Magnetismus.* Obwohl natürliche Magnete und Compaßnadeln zu denjenigen Dingen gehören, die Jeder aus früherem Schulunterrichte kennt und gesehen hat, so gibt es doch sehr Wenige, die von den Eigenschaften und dem Wesen der Magnete eine *richtige* Vorstellung sich machen. Die natürlichen Magnete hat man dadurch Anfangs kennen gelernt, daß Eisen-Feilspäne daran festgehalten wurden, und *Plinius*, der älteste Schriftsteller, bei dem wir von Magneten eine umständlichere Erwähnung finden, beschreibt sie als Steine, die, Eisen anzuziehen, das Vermögen haben. Noch bis zum heutigen Tage hat sich diese Auffassungsweise der Erscheinung erhalten, und man sieht allgemein das Anziehen des Eisens als diejenige Eigenschaft an, wodurch ein Magnet vorzugsweise charakterisirt wird. In der Wirklichkeit ist aber die magnetische Kraft durch das Anziehen des Eisens durchaus nicht charakterisirt; es ist sogar völlig unbegründet, daß ein Magnet Eisen an und für sich anziehe, und diese Ausdrucksweise setzt eine gänzliche Mißkennung des eigentlichen Wesens der Magnete voraus. Ehe ich dieß nachweise, will ich die Haupteigenschaften der magnetischen Kraft, auf welche wir im Verlaufe unserer Untersuchungen uns beziehen werden, hier erwähnen.

1. Der Magnetismus ist eine Kraft, die mit gar keinem Körper *nothwendig* verbunden ist: in einigen Körpern kommt sie gar nie vor, in einigen kommt sie bisweilen vor, *kann* aber auch darin fehlen: dadurch unterscheidet sie sich von der Gravitation, die *allen* Körpern eigenthümlich ist.

2. Der Magnetismus ist nicht — wie die allgemeine Gravitation — eine *einfache*, sondern eine *doppelte* Kraft; es gibt nämlich positiven Magnetismus, und negativen Magnetismus, die gerade entgegengesetzte Wirkungen haben. In so ferne hat der Magnetismus mit der Electricität vollkommene Analogie; er unterscheidet sich aber wiederum von dieser wesentlich dadurch, daß der positive Magnetismus für sich allein gar nicht bestehen kann, und eben so wenig der negative, vielmehr ist es Gesetz, daß jeder magnetische Körper von beiden *gleich viel* habe. In dem Körper selbst trennen sich die beiden Kräfte, so daß der

Digitized by Google

positive Magnetismus einen bestimmten Theil, und der negative einen bestimmten Theil einnimmt: in der Regel entfernen sie sich von einander so weit, als möglich, und nehmen die entgegengesetzten Enden, oder vielmehr Hälften des Körpers ein. So z. B. enthält eine Magnetnadel N S (Fig. 68) in dem Ende N den nördlichen, in dem Ende S den südlichen Magnetismus, und zwar sind die Kräfte in N und S am größten, und nehmen ab (wie durch die Schattirung der Figur angezeigt ist) bis zur Mitte c, wo gar kein Magnetismus wahrgenommen wird. Das Ende N nennt man den Nordpol (positiven Pol), das Ende S den Südpol (negativen Pol).

3. Die magnetischen Wirkungen richten sich nach folgenden zwei Gesetzen:
   a) ein Nordpol und ein Südpol ziehen sich an: zwei Nordpole stoßen sich ab, und ebenso zwei Südpole;
   b) die Größe der Anziehung oder Abstoßung ist in geradem Verhältnisse zu der Stärke (oder Intensität) des Magnetismus, und nimmt — ganz der Gravitation analog — bei zunehmender Entfernung ab, dem Quadrate der Entfernung proportional.

227. Erläuterung der magnetischen Gesetze. Um diese Gesetze durch eine Anwendung zu erläutern, wollen wir die Wirkung eines senkrecht stehenden Magnets N S (Fig. 69) betrachten, der sich in der Nähe einer Compaßnadel n s befindet, und dabei die Nordpole mit N, n, die Südpole mit S, s bezeichnen. Da n und S sich anziehen, dagegen s und S sich abstoßen, so wird der Pol n so nahe als möglich an S hinzukommen, und der Pol s so weit als möglich sich davon zu entfernen suchen: der Erfolg wird sein, daß die Compaßnadel sich in die Linie cS stellt, d. h. in die Linie, welche vom Pol S zu dem Drehungspunkte der Nadel geht. Der Pol N sucht zwar gerade die entgegengesetzte Wirkung hervorzubringen, indem er s anzieht, und n abstößt: indessen ist seine Kraft wegen der größern Entfernung beträchtlich kleiner, und er vermindert deßhalb blos die Wirkung des Poles S, ohne an der Richtung etwas zu ändern.

Befestigt man an dem Nordpole n (Fig. 70) einen feinen Faden, und läßt ihn über die Rolle a gehen, so gehört ein bestimmtes Gewicht p dazu, die Nadel um einen bestimmten Winkel, z. B. um 10°, aus ihrer Richtung zu ziehen. Wird der Magnet N S bis N'S' entfernt, so bleibt zwar die Richtung der Compaßnadel dieselbe, es reicht aber ein geringeres Gewicht aus, dieselbe Ablenkung hervorzubringen. Dieses einzige Beispiel wird genügen, um den Satz begreiflich zu machen, daß, wenn man einen Magnet in die Nähe einer Compaßnadel bringt, die Nadel eine bestimmte Richtung annehmen, und in dieser Richtung mit einer bestimmten Kraft sich zu erhalten suchen wird.

Um diese zwei Begriffe Richtung und Kraft dreht sich im Grunde die ganze Untersuchung des Erdmagnetismus. Richtung und Kraft sind die Maaßbestimmungen, wornach der Magnetismus angegeben wird.

Anstatt den Magnet N S, wie oben angenommen wurde, senkrecht zu stellen, könnte man ihm eine horizontale oder schiefe, oder sonst eine beliebige Lage geben; immer würde die Compaßnadel eine gewisse Richtung annehmen, und sich in dieser Richtung, je nach Umständen mit mehr oder weniger Kraft, zu erhalten suchen. Anstatt die Compaßnadel gleichsam als gegebenen Mittelpunkt zu betrachten, kann man eben so gut dem Magnet eine feste Lage geben, und die Nadel in verschiedene Stellungen hinbringen. Man könnte z. B., wie Fig. 71, die Nadel n s in einem Kreise um den Magnet herumführen: wäre im Magnet die Kraft regelmäßig vertheilt, d. h. mit gleichmäßiger Zunahme vom Mittelpunkte gegen die beiden Enden hin, so würde die Nadel ungefähr die in der

Digitized by Google

Figur angezeigten Richtungen annehmen. Die Kraft, womit sich die Nadel in ihrer Richtung zu erhalten suchen würde, wäre in jeder Stellung verschieden, am größten in (1) und (5), am kleinsten in (3) und (7).

228. *Messung des Magnetismus.* Ehe wir weiter gehen, scheint es nothwendig, den Leser darüber aufzuklären, warum man, wenn von der magnetischen Kraft die Rede ist, gerade mit einzelnen, anscheinend bedeutungslosen Wirkungen zunächst sich beschäftigt.

Die Sache ist einfach diese. Eine *Kraft* kann man nicht sehen, und überhaupt durch keinen unserer Sinne unmittelbar wahrnehmen. Die magnetische Kraft eines Stahlstabes erkennen wir nicht an seiner Größe und seinem Gewichte, nicht an seiner Farbe und Härte: wir würden gar nicht wissen, ob ein Stab magnetisch sei, oder nicht, wenn wir dieß nicht an den *Wirkungen*, die er als *Magnet* hervorzubringen im Stande ist, erkennen würden. Diese Wirkungen sind nun sehr mannigfaltig: der Physiker aber, der Untersuchungen vorzunehmen hat, hebt gerade *eine bestimmte Wirkung* hervor, die leicht zu beobachten ist, und betrachtet sie dann als *Prüfungs-Mittel*: auf diese wird alles Uebrige zurückgeführt. So machen wir es bei allen Naturkräften. Die Wärme z. B. hat gar viele Wirkungen, unter andern auch diese, daß sie die Körper ausdehnt: wenn man deßhalb eine kleine Glaskugel, die einen langen dünnen Hals hat, mit irgend einer Flüssigkeit, etwa mit Quecksilber füllt, so steigt die Flüssigkeit in dem Halse, wenn es wärmer wird, und sinkt, wenn es kälter wird. Die Wirkung ist ganz bequem zu beobachten, und der Physiker wählt deßhalb diese Vorrichtung zum *Messen* der Wärme; es ist das Thermometer. So hält die Schwere der Luft das Quecksilber in der toricellianischen Röhre in einer bestimmten Höhe, die mit der Schwere sich ändert: diese Wirkung benützt der Physiker, um die Schwere der Luft zu *messen*, und nennt das Instrument Barometer.

Ganz dieselbe Bewandtniß hat es mit dem Magnetismus. Das magnetische Fluidum, das in einem Körper sich befindet, bringt eine frei schwebende Nadel in eine bestimmte *Richtung*; und hält sie da mit einer bestimmten *Kraft*, deßhalb ist eine solche Nadel das Mittel zum Messen des Magnetismus; sie ist ein *Magnetometer*. Dieses Verhältniß muß man sorgfältig vor Augen behalten, wenn man magnetische Untersuchungen gehörig auffassen will: eine frei schwebende Magnetnadel — ein Magnetometer — ist für den Magnetismus, was das Thermometer für die Wärmelehre ist.

229. *Messung der Richtung* und *Messung der Kraft.* Wenn wir im vorhergehenden § das Thermometer und das Magnetometer als Messungsmittel mit Recht in dieselbe Kategorie gestellt haben, so müssen wir doch noch den bemerkenswerthen Unterschied hervorheben, daß, während das Thermometer nur *eine* Wirkung — die Ausdehnung — darstellt, die Magnetnadel *zwei* Wirkungen zeigt, nämlich die *Richtung* und *Kraft*. Wie die Richtung sich äußert und beobachtet wird, bedarf wohl keiner Erklärung, da die Einrichtung der Compaßnadeln im Wesentlichen als allgemein bekannt anzunehmen ist; dagegen ist es nothwendig, hinsichtlich der Kraftbestimmung, die näheren Verhältnisse zu entwickeln.

Wenn man in der Art, wie ich oben bemerkt habe, auf die Nadel ein Gewicht wirken läßt, so wird sie dadurch auf die Seite gezogen, und zwar um so weniger, je größer die Kraft ist, womit sie in ihrer natürlichen Richtung gehalten wird. Es wäre dieß das directeste Mittel zur Kraftmessung, *practisch* ist es aber nicht, theils weil man nicht im Stande ist, ein Gewicht auf die angedeutete Weise gehörig — und insbesondere ohne Reibung — wirken zu lassen,

Digitized by Google

theils weil die Kraft sehr klein ist, und die Gewichte kleiner sein müßten, als man sie in der Wirklichkeit machen kann. Ehe wir indessen die practischen Mittel erklären, scheint es zweckmäßig, folgende Bemerkung voranzusetzen.

Eine Kraft wirkt eigentlich nur in einer Richtung, und wenn sie auf einen freien Körper wirkt, so wird er in der Richtung der Kraft sich bewegen. Ist der Körper dagegen nicht frei, d. h. kann er nur in einer bestimmten Richtung sich bewegen, so bringt die Kraft noch immer eine Wirkung hervor, aber modificirt nach den Umständen. Ein Körper, welchen man der Schwerkraft überläßt, fällt in gerader Linie gegen den Mittelpunkt der Erde: wird eine schiefe Ebene untergestellt, so bewegt er sich an dieser herab, aber mit geringerer Geschwindigkeit, weil nach jeder schiefen Richtung der Zug der Kraft geringer ist. Zwischen dem directen Zug einer Kraft und dem Zug nach jeder schiefen Richtung werden bestimmte mathematische Verhältnisse in der Mechanik angegeben, so daß man aus der einen Größe die andere berechnen kann. So ist es denn auch vollkommen gleichgültig, wenn es um Messung sich handelt, ob ich den directen oder schiefen Zug messe; und so erhalte ich z. B. eine Bestimmung der Schwerkraft, wenn ich den Fall eines Körpers auf einer schiefen Ebene beobachte, eben so gut, als wenn ich das senkrechte Herabfallen beobachtet hätte. Ganz analog verhält es sich auch mit dem Erdmagnetismus.

Der Erdmagnetismus zieht bei uns nordwestlich, ungefähr 65° unter den Horizont, etwa in der Richtung c d (Fig. 72): stellt man also eine um ihren Schwerpunkt bewegliche Nadel nordwestlich, so schwingt sie im Bogen a b und nimmt zuletzt die durch Fig. 72 angezeigte Lage (in der Linie c d) an: in dieser Richtung wird sie am stärksten angezogen. Dieselbe Nadel an einen Coconfaden aufgehängt, und so balancirt, daß das Nordende sich nicht senken kann, sondern horizontal bleiben muß, schwingt im Bogen a′ b′ und nimmt zuletzt die nordwestliche Richtung c d′ an; der Zug des Erdmagnetismus ist aber in dieser Richtung viel schwächer. Stelle ich endlich dieselbe Nadel so auf, daß sie nur senkrecht auf dem magnetischen Meridian c d′ sich bewegen kann, so schwingt sie in Bogen a″ b″ und kommt in Ruhe in der verticalen Richtung c d″: der Zug des Erdmagnetismus ist wiederum schwächer, als im ersten Falle. Im ersten Falle sagt man, daß die Nadel durch die Totalkraft, im zweiten Falle durch die Horizontalkraft (Horizontal-Intensität), im letzten Falle aber durch die Verticalkraft (Vertical-Intensität) gezogen wird. Wenn also von Horizontalkraft und Verticalkraft die Rede ist, so hat man darunter nicht eigene Kräfte, sondern den horizontalen und verticalen Zug des Erdmagnetismus zu verstehen.

Der oben angeführte Satz, daß man die Größe der Kraft aus dem schiefen Zuge sowohl, als aus dem directen ableiten könne, findet auch hier seine Anwendung, und ist von großer Wichtigkeit für die Messung des Erdmagnetismus, weil wir keine Mittel besitzen, den directen Zug hinreichend genau zu bestimmen. In der Regel wird immer nur die Horizontalkraft gemessen.

230. Kraftmessung durch Torsion, durch Schwingungen und durch Ablenkungen. Das einfachste practische Mittel zur Messung der magnetischen Kraft ist die Torsion eines feinen Drahtes. Hängt man eine Nadel N S (Fig. 73) an einen feinen Draht b c auf, und ist die Torsion des Drahtes gänzlich aufgehoben, so stellt sich die Nadel in ihre natürliche Richtung M M. Drehe ich nun das obere Ende des Drahtes um einen bestimmten Winkel (etwa einen rechten Winkel, indem ich den Zeiger a nach a′ bewege), so wird die Nadel aus ihrer Richtung gebracht, oder abgelenkt, und kommt z. B. in die Lage N′ S′. Diese Lage ist von der ursprünglichen um so weiter entfernt, je schwächer die darauf wirkende Kraft ist: die Ablenkung dient hiernach als Maaß

Digitized by Google

der magnetischen Kraft. Die Ablenkung kann man nach Graden messen, wie es gewöhnlich geschieht, und daraus die Kraft berechnen, oder man kann eine Scaleneintheilung anbringen, woran unmittelbar die Kraft abgelesen wird. Es versteht sich wohl von selbst, daß man bei solcher Maßbestimmung die sonstigen mitbedingenden Ursachen, namentlich die Kraft der Nadel selbst in Rechnung bringen muß.

Anstatt eines Drahtes von größerer Torsionskraft kann man auch die sogenannte Bifilar-Suspension, nämlich zwei parallele Coconfäden, oder wo größere Magnetstäbe angehängt werden, zwei feine Stahldrähte b c, b′ c′ anwenden, wie Fig. 74. Gegenwärtig werden die Aenderungen der erdmagnetischen Kraft fast allenthalben mit solchen Vorrichtungen beobachtet. Man dreht den Zeiger a ungefähr bis a′, und bringt damit den Magnet in die Richtung N′ S′, nahe senkrecht auf die natürliche Richtung (den magnetischen Meridian): bewegt sich nun die Magnetspitze gegen d, so weiß man, daß der Erdmagnetismus stärker wird, bewegt sie sich gegen e, so zeigt dieß eine Verminderung der magnetischen Kraft an. Solche Vorrichtungen nennt man Bifilar-Magnetometer.

Ein vorzügliches Hülfsmittel zur Messung der magnetischen Kraft bietet die Schwingungsdauer einer Nadel dar. Wenn ich eine Nadel n s (Fig. 75) an dem Faden b c aufhänge, und aus der natürlichen Lage ein wenig entferne, etwa nach d, so wird sie, sobald ich sie loslasse, um die natürliche Richtung zwischen d und e hin- und herschwingen, wie ein Pendel, und nach denselben Gesetzen. Bei jeder Schwingung wird sie der Mittelrichtung um so schneller sich nähern, d. h. sie wird um so weniger Zeit zu einer Schwingung brauchen, je stärker sie angezogen wird, oder je stärker die einwirkende magnetische Kraft ist. In Folge dieses Zusammenhanges ist durch die Schwingungsdauer die Kraft bestimmt.

Endlich hat man noch ein Messungsmittel, die sogenannten Ablenkungen, wovon es vielerlei Arten gibt. Bringt man z. B. einen Magnet N S in die Fig. 76 angezeigte Stellung gegen die frei schwebende Nadel n s, so wird der Nordpol n von dem Nordpol N abgestoßen, der Südpol s dagegen angezogen, und die Nadel wird eine neue Richtung n′ s′ annehmen, die um so weiter von der ursprünglichen absteht, je kleiner die Kraft war, wodurch sie in ihrer Richtung gehalten wurde.

231. *Relative und absolute Messung: magnetische Einheiten.* Also Torsion, Schwingungsdauer und Größe der Ablenkung sind die drei Hülfsmittel, welche der Physiker anwendet, um die magnetische Kraft, oder Intensität zu bestimmen. Ich brauche kaum zu erinnern, daß diese Mittel zwar sogleich anzeigen, ob die Kraft größer oder kleiner ist, wenn man verschiedene Kräfte vergleicht, aber nicht sogleich die *absolute* Größe der magnetischen Kraft angeben. In dieser Hinsicht hat die Messung der magnetischen Kraft sehr viel Analogie mit der Messung der Wärme. Die Wärme messen wir nach Graden, die ursprünglich an und für sich willkürlich sind; die magnetische Kraft wird nach sogenannten magnetischen Einheiten gemessen, die ebenfalls willkürlich am Anfange gewählt werden konnten. Die Grade stellen sich am Thermometer selbst bald größer, bald kleiner dar, je nach dem Caliber, der Größe der Kugel und andern mitbedingenden Umständen; bei dem Intensitäts-Magnetometer ist derselbe Fall vorhanden, wenn man eine eigentliche Intensitäts-Scala (wie e d Fig. 74) gebraucht: gewöhnlich aber wird den Intensitäts-Instrumenten keine solche unmittelbare Theilung in magnetische Einheiten gegeben, sondern man bestimmt die Ablenkungen nach gewöhnlichem Winkelmaaße, die Zeit nach Sekunden, und *berechnet* daraus die magnetischen Einheiten.

Digitized by Google

Will man von der Größe einer magnetischen Einheit sich einen Begriff machen, so muß man in Betracht ziehen, daß die nächste und einfachste Wirkung einer Kraft überhaupt darin besteht, einer frei beweglichen Masse von bestimmtem Gewichte oder Gehalte eine gewisse Geschwindigkeit in einer gewissen Zeit zu geben. So kommt es denn, daß die Physiker die Geschwindigkeit als Maaß der Kraft zu betrachten gewohnt sind, und diejenige Kraft als Einheit annehmen, welche der Massen-Einheit in der Zeiteinheit eine Geschwindigkeit von einer Längen-Einheit zu geben im Stande ist. Man sieht, daß dieselbe Kraft mit einer größern oder geringern Zahl bezeichnet werden wird, je nachdem man die übrigen Einheiten wählt. In Deutschland wird durchgängig der von Gauß eingeführte Gebrauch beobachtet, und nach Zeitsecunden, Milligrammen und Millimetern gerechnet. Die magnetische Kraft 1 ist demnach so groß, daß sie einen Körper von einem Milligramm Gewicht in einer Sekunde aus der Ruhe in Bewegung bringt, so daß er in der nächsten Sekunde mit dieser Bewegung ein Millimeter zurücklegen würde. Wenn die Schwerkraft an der Erdoberfläche auf denselben Körper einwirkt, so fällt er dem Mittelpunkte der Erde zu, und erlangt in einer Secunde eine Geschwindigkeit von 30 Pariser Fuß, oder genauer 9779 Millimeter: man kann also unter den eben bezeichneten Umständen sagen, daß eine magnetische Einheit nur den 9779sten Theil der Anziehungskraft der Erde betrage.

232. Vorkommen der magnetischen Kraft in der Natur. Nachdem wir nun einige allgemeine Begriffe hinsichtlich der Mittel, womit die magnetische Kraft zu untersuchen ist, festgestellt haben, wollen wir unter den Stoffen, die in der Natur vorkommen, etwas genauer uns umsehen, in welcher Weise die magnetische Kraft darin angetroffen wird. Wir theilen zu diesem Zwecke die sämmtlichen Stoffe in organische und unorganische ein.

Was zuerst die organischen Gebilde, Pflanzen und Thiere betrifft, so wird man finden, daß sie keine wahrnehmbare Wirkung auf das Magnetometer hervorbringen, sei es in lebendem oder todtem Zustande.

Unter den unorganischen Körpern nehmen wir aber nicht selten magnetische Wirkungen wahr. So z. B. findet man manche Steinmassen, welche Magnetismus verrathen. Gehen wir indessen in die nähere Untersuchung ein, so kommen wir zuletzt auf das Resultat, daß es nur wenige Körper gibt, die Magnetismus enthalten können, und daß diese sämmtlich einer einzigen Klasse von unorganischen Substanzen, nämlich der Klasse der Metalle, angehören. Was sonstige Substanzen betrifft, so bringen sie nur durch Beimischung metallischer Theile eine Wirkung hervor.

233. Permanenter und inducirter Magnetismus. Eigentlich, von Natur aus, ist kein Metall magnetisch: der Magnetismus muß erst mitgetheilt oder erregt werden. In dieser Hinsicht treffen wir nun einen sehr merkwürdigen Unterschied an. Einige Metalle, wie der gehärtete Stahl, dann Nickel, Palladium u. s. w. brauchen nur mit einem Magnet berührt, oder in dessen Nähe gebracht zu werden, so setzt sich in ihnen Magnetismus fest, und zwar in der einen Hälfte nördlicher, in der andern südlicher, wie wir oben bereits angegeben haben. Einen so magnetisirten Körper nennt man permanent magnetisch. Den Gegensatz bilden diejenigen Metalle, welche magnetisch sind, nur so lange die Erregung dauert, d. h. so lange ein Magnet sie berührt, oder ihnen nahe steht, dann aber ihren Magnetismus verlieren, sobald der Magnet entfernt wird. Von solchen Körpern sagt man, daß sie durch Induction magnetisch seien. Hieher gehört vorzüglich das weiche Eisen. Bringt man (Fig. 77 a) den Eisenstab ab und den Magnet NS einander nahe, so wird

Digitized by Google

augenblicklich der Stab magnetisch, und es entsteht in a ein Südpol, in b ein Nordpol. Kehrt man den Magnet NS um (Fig. 77 b), so daß der Südpol dahin kommt, wo früher der Nordpol war, so ist auch in demselben Augenblicke der Magnetismus des Eisenstabs umgekehrt. Dieses einzige Beispiel bezeichnet das Verhalten des Inductions-Magnetismus vollständig. Ich habe oben schon bemerkt, daß es unrichtig sei, zu sagen, das Eisen werde vom Magnet angezogen: das eigentliche Sachverhältniß stellt sich durch das Vorhergehende klar heraus. Das Eisen als Substanz ist gänzlich gegen den Magnet gleichgültig; nur der Magnetismus, der im Eisen erregt wird, kann Anziehung oder Abstoßung veranlassen. Der Magnetismus ist demnach ein Agens, der Wärme analog, er ist als eine Kraft zu betrachten, die in den Körpern in verschiedenem Maaße entsteht, und vergeht, ohne in der Substanz eine Aenderung hervorzubringen.

234 Magnetismus durch den galvanischen Strom und durch die Wärme; Diamagnetismus. So weit wäre es nicht schwer, die Verhältnisse der magnetischen Kraft zu verfolgen, und die einzelnen Erscheinungen an eine einzige präcise Vorstellung zu knüpfen. Der Forschung neuerer Zeit ist es indessen gelungen, auch andere Umstände von sehr verschiedener Art darzustellen, unter welchen das Magnetometer eine magnetische Einwirkung verräth. Am Auffallendsten ist die Wirkung des galvanischen Stroms. Läßt man einen galvanischen Strom durch einen Draht a b (Fig. 78), unter welchem eine Nadel n s sich befindet, gehen, so wird die Nadel abgelenkt, als wenn ein Magnet sich darüber befände: der Draht übt magnetische Kraft aus, die augenblicklich aufhört, wenn man den Strom unterbricht. Ob wirklich der Zustand, der im Drahte erregt wird, gleichbedeutend ist mit dem Magnetismus des Stahls, oder ob das galvanische Fluidum nur einige Eigenschaften mit der magnetischen Kraft gemein hat, wollen wir hier nicht weiter erörtern: ebenso halte ich es für unnöthig, die Gesetze, nach welchen die Wirkung des galvanischen Stromes sich richtet, auseinander zu setzen, weil es noch sehr problematisch ist, ob der Magnetismus der Erde von einer Wirkung galvanischer Ströme in irgend einer Weise abhängen könne: wenigstens hat sich durch sonstige Hülfsmittel das Vorhandensein eines galvanischen Stromes in der Erde nirgends nachweisen lassen, ingleichen fehlen sowohl in der Erde als in der Luft die Bedingungen, welche bei dem Experiment als wesentlich erscheinen.

Auch die Wärme bringt unter bestimmten Bedingungen eine ähnliche Wirkung hervor, wie der galvanische Strom. Diese Wirkung bezeichnet man mit dem Namen Thermomagnetismus. Wenn eine geschlossene Leitung a b c d (Fig. 79) bestehend aus einem Wismuthstabe d c und einem Kupferstreifen d a b c, der in d und c angelöthet ist, um eine Magnetnadel n s sich herumzieht, so zeigt die Nadel das Vorhandensein einer magnetischen Kraft an, so oft die eine oder andere Löthstelle d oder c erwärmt wird, oder überhaupt, so oft die Löthstellen ungleiche Temperatur haben. Daß eine analoge Wirkung zum Theile oder ganz den Erscheinungen des Erdmagnetismus zu Grunde liege, kann, so weit bisher die Untersuchung gediehen ist, kaum vermuthet werden; ungleiche Wärme ist allerdings vorhanden, was aber in oder auf der Erde die metallische Leitung und die Löthstellen ersetzen sollte, ist nicht wohl denkbar.

Endlich hätten wir noch der eigenthümlichen Wirkungen zu gedenken, welche die neuesten Experimente Faraday's ans Tageslicht gebracht haben. Sie bestehen einfach darin, daß jeder Körper, wenn er zwischen die zwei Pole N und S eines starken Electromagnets gebracht wird, entweder nach der Richtung dieser Pole in die Linie NS (axial) oder senkrecht darauf in die Linie a b (äquatorial) sich stellt. Die Körper, welche die erstere Richtung annehmen, nennt Faraday

Digitized by Google

dem frühern Sprachgebrauche zufolge, magnetische; für die Körper der zweiten Klasse hat er eine neue Bezeichnung eingeführt, er nennt sie diamagnetische. Es ist allerdings von hoher Wichtigkeit für uns, zu wissen, daß alle Stoffe, woraus die Erde besteht, unter gewissen Bedingungen eine Beziehung zu dem Magnetismus haben: in wie ferne indessen eine Anwendung der Faraday'schen Lehrsätze auf die Erde gemacht werden könnte, bleibt noch gänzlich unentschieden. Sicher aber ist es, daß, wenn vielleicht die Variationen des Erdmagnetismus als eine diamagnetische Wirkung zum Theile sich erweisen sollten,*) jedenfalls der ganze Erdmagnetismus nicht auf solche Weise seinen Bestand haben könne, denn Gauß hat gezeigt, daß das magnetische Moment der Erde dem 8464 trillionfachen eines einpfündigen Magnetstabes entspricht, also jedes Cubikmeter der Wirkung von 8 solchen Stäben im Durchschnitte gleichkomme, ein Erfolg, der durch die schwache Wirkung des Diamagnetismus nicht erklärt werden kann.

II. Geschichte des Erdmagnetismus.

Bei dem Magnetismus der Erde bildet die Geschichte den Haupttheil; man kann sogar sagen, daß die Lehre des Erdmagnetismus in eigentlichem Sinne bisher nur eine Geschichte gewesen ist. Seit der ersten Entdeckung des magnetischen Verhaltens unseres Erdkörpers sind vielerlei Thatsachen nach und nach zufällig zum Vorscheine gekommen, Vieles hat die Beharrlichkeit der Beobachter in neuerer Zeit ermittelt: dieses Alles können wir geschichtlich darstellen: den Zusammenhang zu enträthseln, müssen wir der Zukunft überlassen.

235. Aelteste Geschichte. Die Geschichte des Erdmagnetismus reicht zwar wahrscheinlich weit in die Vorzeit hinein, ist aber, wie bei allen physikalischen Fächern, im Verhältnisse als man weiter zurückgeht, dunkel und wenig belehrend. Wir wollen deßhalb die zufälligen Erwähnungen des Magnetsteines, die wir im Alterthume antreffen, deßgleichen die unerwiesenen Vermuthungen über die hierauf bezüglichen Kenntnisse Phönizischer Seefahrer gänzlich übergehen, und im Mittelalter anfangen. Schon im 12ten Jahrhunderte soll in Europa und noch früher in China die Compaßnadel zu den Zwecken der Schifffahrt gebraucht worden sein. Man glaubte, daß das eine Ende — der Nordpol — immer genau nach Norden sich richte. Es war zwar damit eigentlich eine wichtige Thatsache gewonnen, denn da die Magnetnadel nur von einer auf sie wirkenden magnetischen Kraft eine Richtung erhalten kann, so folgt nothwendig der Schluß, daß die Erdkugel magnetische Kraft habe; daß sie ein Magnet sei. Ob man in der damaligen Zeit zu diesem Schlusse wirklich gelangt ist,

*) Es ist nicht unwahrscheinlich, daß im Weltraume eine starke polare Spannung (von der Sonne ausgehend) besteht (§§. 80. 82); ist dieß der Fall, so muß die Atmosphäre, das Meer, alle Theile der Erde, theils als magnetische, theils als diamagnetische Substanzen in einen Zustand versetzt werden, daß sie auf die Richtung und Kraft des Erdmagnetismus einen Einfluß haben, und zwar mit 24stündiger Periode. Es ließe sich daraus eine vollständige Erklärung der täglichen Variationen, für die es sonst so schwer ist, eine entsprechende Hypothese zu finden, ableiten.

Digitized by Google

oder welcher Ursache man die Richtung der Magnetnadel zugeschrieben hat, und welche Vorstellung man überhaupt von der magnetischen Kraft sich machte, ist kaum mehr mit Sicherheit zu ermitteln: erst gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts finden sich bestimmtere Nachweisungen vor.

236. Abweichung (Declination) und Neigung (Inclination) der Nadel im 15. bis 16. Jahrhunderte erkannt. Daß die Nadel nicht direct nach Norden zeige, wie der ursprüngliche Glaube war, daß sie ferner nicht überall gleichweit vom Nordpunkte abweiche, ist jedenfalls bei Gelegenheit der Entdeckung Amerika's, wenn nicht vielleicht schon früher erkannt worden; um 1530—40 war man schon bemüht, an verschiedenen Orten die Größe der Abweichung zu bestimmen. Um eben diese Epoche entdeckte G. Hartmann, Vicar an der St. Sebaldskirche in Nürnberg, daß eine an ihrem Schwerpunkte aufgehängte Nadel nicht wagrecht sich stelle, sondern wie er sich ausdrückt „unter sich zeige." Auch die Gesetze magnetischer Anziehung und Abstoßung, so wie die Gesetze, nach welchen der Magnetismus im Stahle erregt wird, wurden von Hartmann erkannt. Seine Versuche lehrten, daß beim Bestreichen des Stahls mit einem Magnetstein ein Nordpol nicht wieder einen Nordpol, sondern einen Südpol hervorruft, daß überhaupt gleichnamige Pole sich abstoßen, während ungleichnamige sich anziehen. Er folgerte ganz richtig daraus, daß, da bei uns das Nordende der Nadel nach Mitternacht sich wendet, dort südlicher Magnetismus sich befinde, dagegen in der Richtung des Mittags nördlicher Magnetismus seinen Sitz haben müsse. *)

237. Säcular-Aenderung im 16. Jahrhunderte wahrgenommen, im 17. Jahrhunderte erkannt. Von der Mitte des 16. Jahrhunderts an beschäftigte der Erdmagnetismus verschiedene Gelehrte, deren Arbeiten übrigens sich größtentheils auf die Bestimmung der Declination beschränken, doch sind auch verschiedene Versuche gemacht worden, eine richtige Bestimmung der Inclination zu erhalten, wozu Norman (1576) geeignete Hülfsmittel zuerst hergestellt hat.**) Der erste Umstand, der zu einer genauern Untersuchung der magnetischen Verhältnisse Veranlassung gab, war der auffallende Mangel an Uebereinstimmung, den man zwischen den Resultaten verschiedener Jahre, und zwar nicht in einzelnen, sondern in allen Fällen bemerkte, auch wenn möglichste Sorgfalt auf die Messungen verwendet worden war. Eine genauere Vergleichung würde zwar gezeigt haben, daß die Richtung, die dortmals im mittlern Europa etwa 5 Grade östlich betrug, von Jahr zu Jahr dem Nordpunkte näher komme, also die Nadel eine westliche Bewegung habe: diesen Umstand erkannte man aber nicht, sondern schrieb die zwischen neuern und ältern Beobachtungen vorhandenen Unterschiede fehlerhaften Instrumenten und Messungen zu. Erst Hellibrand gab im Jahre 1634 die bestimmte Nachweisung, daß eine Säcular-Bewegung nach Westen stattfinde. Als diese Bewegung außer Zweifel gesetzt war, lag die Vermuthung nahe, daß auch die Inclination eine ähnliche Säcular-Aenderung haben müsse, was durch die spätern Beobachtungen sich auch bestätigt hat. Bond legte mit Recht auf diese Thatsache großes Gewicht und gab 1668 eine Tafel der magnetischen Inclination in London her-

*) Gilbert, dessen Werk de Magnete im Jahre 1600 in London erschienen ist, nennt den Magnetismus der nördlichen Erdhälfte nördlichen Magnetismus, und das Ende der Nadel, welches sich nach Norden richtet, den Südpol der Nadel. Es ist zu bedauern, daß dieser Sprachgebrauch nicht allgemeine Aufnahme fand.

**) Er gab der Nadel eine sehr feine Axe, die auf zwei Lagern aufgelegt wurde, Fig. 81, und brachte noch einen Kreis daneben an, um den Winkel abzulesen. Diese Vorrichtung — Inclinatorium — wird heutzutage noch zur Messung der Inclination gebraucht.

Digitized by Google

aus, wo er die Inclination der folgenden 50 Jahre, vorausberechnet, zusammenstellte.

238. Halley. Die Bestrebungen der Gelehrten wandten sich nun vorzugsweise dahin, zu ermitteln, nach welchen Gesetzen die Declination an verschiedenen Punkten der Erde sich richte. Als besonders hervortretend sind in dieser Hinsicht die Bemühungen Halley's zu erwähnen. Er widmete sich zuerst der theoretischen Untersuchung des Erdmagnetismus. Den Grundsätzen, die vor ihm schon Gilbert (1600) und Bond (1668) festgestellt hatten, folgend, betrachtete er die Erde als eine große magnetische Kugel, und nahm an, daß, so wie bei einem gewöhnlichen Magnet es zwei Punkte nahe an den beiden Enden gebe, in welchen die Kraft am stärksten ist, und in welchen man die ganze Kraft concentrirt denken kann, bei der Erde ebenfalls ein ähnliches Verhältniß stattfinden müsse. Indessen lehrte ihn bald die nähere Untersuchung der vorhandenen Beobachtungen, daß die einfache Hypothese zweier magnetischen Punkte oder Pole, eines nördlichen und südlichen (wie schon Bond angenommen hatte) den Erscheinungen nicht genügen könne, und er führte also die Hypothese ein, daß die Erde vier magnetische Pole habe, zwei gleichnamige in Norden, und zwei gleichnamige in Süden. Er nimmt ferner an, daß diese Pole um die Erdpole herumgehen, wodurch die Säcular-Aenderungen entstehen; die Periode setzte er auf ungefähr 700 Jahre fest. Die auf solcher Voraussetzung gegründete Rechnung zeigt indessen nur einige Aehnlichkeit, — nicht eine Uebereinstimmung — mit den Ergebnissen der Beobachtung: gleichwohl bleibt Halley's Theorie geschichtlich merkwürdig, weil er die Grundlage festgesetzt hat, auf welche alle spätern Bemühungen sich stützen.

Auch in anderer Weise hat Halley um die Förderung des Erdmagnetismus sich große Verdienste erworben. Er bewirkte bei der brittischen Regierung, daß ihm ein Schiff zu Gebote gestellt wurde, um an den Küsten der brittischen Kolonien in Amerika und auf dem Wege dahin die Richtung der Magnetnadel zu untersuchen. Zwar wurde Halley's erste Expedition (1698) theils durch den Gesundheitszustand der Schiffsmannschaft, theils durch die Widersetzlichkeit des ihm beigegebenen Marine-Offiziers vereitelt, und das Schiff wandte sich, als es die Linie bereits passirt hatte, direct wieder nach Europa. Nach kurzem Aufenthalte, und nach amtlicher Entfernung des widersetzlichen Offiziers segelte Halley wieder ab: dießmal erreichte er seinen Zweck vollständig, und kehrte im Herbste des Jahres 1700 mit einer reichen Ausbeute magnetischer Beobachtungen, die er theils auf der amerikanischen Küste, theils im atlantischen Ocean gesammelt hatte, zurück.

239. Tägliche Bewegung der Nadel, Messungen bis Ende des 18. Jahrhunderts. Die einzige magnetische Bewegung, die man bisher erkannt hatte, war die Säcular-Aenderung, welche dadurch, daß sie von Jahr zu Jahr sich anhäufte, einen hinreichend großen Betrag bald erlangte, um auch mit Instrumenten von geringer Empfindlichkeit wahrgenommen zu werden. Es bedurfte nur der Beobachtung mit genauern Hülfsmitteln, um zu finden, daß in ganz kurzen Zwischenzeiten wahrnehmbare Aenderungen sich zeigen, daß sogar im strengen Sinne eine unaufhörliche Bewegung vor sich geht. Jener Zeit war indessen ein schnelles Fortschreiten überhaupt nicht eigen, und so verging nahe ein Jahrhundert von der Entdeckung der Säcular-Aenderung an, bis Graham (1722) erkannte, daß die Richtung der Nadel von Stunde zu Stunde eine andere ist. Die Entdeckung, obwohl gewissermaßen durch P. Tachard (1683) der in Siam die Declination an verschiedenen Tagen merklich verschieden gefunden hatte, vorbereitet und durch zahlreiche Beobachtungen als unzweifelhaft

Digitized by Google

erwiesen, blieb dennoch lange Zeit unbeachtet, bis Celsius und Hiorter in Upsala (1749) die Aenderungen von kurzer Periode genauer zu untersuchen unternahmen. Außer einer täglichen ziemlich regelmäßigen Bewegung ergab sich aus ihren Beobachtungen, daß die Nadel unregelmäßige Bewegungen, bisweilen von großem Betrage habe, ferner stellte sich die merkwürdige Thatsache heraus, daß zwischen diesen Bewegungen und den Nordlichtern ein Zusammenhang bestehe.

Hiemit sind die magnetischen Entdeckungen des 18. Jahrhunderts abgeschlossen, denn obwohl die Zahl der Beobachter immer zunahm, und namentlich Wargentin in Stockholm (1749), Canton in London (1756), Wilke in Stockholm (1765), Lous in Copenhagen (1765), Asclepi in Rom (1772), Cotte in Montmorency (1774), Van Swinden in Franeker (1771), Cassini in Paris (1783), Gilpin in London (1786), Ginge in Godthaab in Grönland (1786), Williams und Sewall in Cambridge (1781), Macdonald in Sumatra und St. Helena (1794—96) mehr oder weniger ausgedehnte Beobachtungs-Reihen lieferten, so wurden damit nur die bereits bekannten Thatsachen bestätigt oder näher bestimmt.

240. Magnetische Thätigkeit des 19. Jahrhunderts; A. v. Humboldt. Dem Gesagten zufolge ging auf das 19. Jahrhundert eine Kenntniß der magnetischen Declination, der Säcular-Aenderung, der täglichen regelmäßigen und unregelmäßigen Bewegungen, denen die Declination unterworfen ist, dann eine sehr beträchtliche Anzahl Inclinationsbestimmungen über. Auf diese Grundlage ist nun nach und nach mit dem eigenthümlichen rastlosen Eifer gegenwärtiger Zeit eine solche Masse von Thatsachen gehäuft worden, daß es jetzt noch — wo eine Theorie, an welche sie angeschlossen werden könnten, fehlt — einige Schwierigkeit hat, sie übersichtlich zu ordnen.

Unter den Männern, welche am meisten die Kenntniß des Erdmagnetismus gefördert haben, ist A. v. Humboldt voranzustellen. Seine wissenschaftliche Thätigkeit begann er damit, daß er einen neuen und für die Theorie wichtigen Zweig magnetischer Untersuchung zu bearbeiten unternahm. In der vorausgegangenen Zeit hatte man nur die Richtung der magnetischen-Kraft berücksichtigt, und unbeachtet gelassen, daß die Stärke oder Intensität ebenfalls ungleich sein könne; daß ferner aus der Intensität auf den Sitz des Erdmagnetismus ein Schluß sich ziehen lasse, weil er denjenigen Punkten der Erde näher sein muß, wo die Intensität größer ist. A. v. Humboldt bereiste von 1799—1804 die Aequinoctial-Gegenden Amerikas, bestimmte da die Stärke und Richtung der magnetischen Kraft, und zeigte, daß erstere an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche in der That bedeutend verschieden ist. Unter den spätern Unternehmungen Humboldt's heben wir als besonders für die Entwickelung des Faches glücklich berechnet, die stündlichen Beobachtungen heraus, die er von 1828 bis 1830 an mehreren Punkten in Europa, namentlich in Berlin, Freiberg, Nicolajew, Kasan veranlaßt hat: sie lieferten das wichtige Resultat, daß die Bewegungen der Magnetnadel, sowohl die regelmäßigen, als die unregelmäßigen, an verschiedenen Orten, wenn nicht einen vollkommenen Parallelismus, doch eine auffallende Aehnlichkeit zeigen, mit dem merkwürdigen Unterschiede, daß jene von der Tageszeit abhängen, also an östlichen Orten früher als an westlichen eintreffen; diese dagegen überall, fast absolut gleichzeitig sich zeigen, und nach Humboldt's Vorstellung als Signale angesehen werden können, die aus den Tiefen der Erde aufsteigend gleichzeitig an den entferntesten Punkten der Erdoberfläche anlangen.

241. Tägliche Bewegung der Intensität und Inclination.

Digitized by Google

Wir haben oben die Mittel angedeutet, welche zur Untersuchung der magnetischen Kraft der Erde erforderlich sind: so einfach indessen diese auch scheinen, so darf man nicht voraussetzen, daß diejenigen, die mit Erdmagnetismus sich befaßten, gleich Anfangs darauf verfallen sind; man darf ferner nicht voraussetzen, daß, wenn die Idee gegeben ist, gleich Anfangs eine zweckmäßige Construction der Instrumente und eine hinreichend genaue Ausführung gelingt; denn auch in der Mechanik begegnet man einer Menge hinderlicher Umstände, die nur stufenweise überwunden werden. Die Mittel zur Untersuchung der Declination boten am wenigsten Schwierigkeit dar, und so waren frühzeitig die verschiedenen Eigenthümlichkeiten dieses Elements erkannt. Anders verhält es sich mit den zwei andern Elementen, der Inclination und Intensität, welche letztere, wie oben (§. 229) erklärt worden ist, nach verschiedenen Richtungen sich messen läßt, vornämlich aber in zwei Richtungen, in der horizontalen Richtung (Horizontal-Intensität) und in der eigentlichen magnetischen Richtung (Total-Intensität) betrachtet und gemessen zu werden pflegt.

Was die Horizontal-Intensität betrifft, so hatte zwar Hansteen durch das ganz einfache Mittel der Schwingungen in den Jahren 1819 und 1820 gefunden, daß sie im Laufe des Tages einer regelmäßigen Aenderung unterliege, und von der Frühe bis um 10 Uhr Morgens abnehme, von da bis 4 Uhr oder 5 Uhr Abends wieder im Zunehmen begriffen sei. Den Grund genauerer Untersuchung legte indessen erst Christie im Jahre 1825, indem er ein geeignetes Variations-Instrument herstellte: seine Resultate, rücksichtlich des täglichen Ganges trafen mit jenen von Hansteen nahe überein.

Merkwürdig und wichtig, hinsichtlich der Bestimmung der Intensität ist eine im Jahre 1828 veröffentlichte Untersuchung von Poisson, worin er einen höchst scharfsinnigen Weg angegeben hat, die Intensität absolut, d. h. in solcher Weise zu messen, daß das Resultat nicht von der Stärke oder Beschaffenheit der dabei gebrauchten Nadeln abhängt.

Unter allen magnetischen Elementen ist die Inclination am spätesten genau untersucht worden. Erst im Jahre 1830 gelang es dem Akademiker Kupffer in Petersburg, eine Nadel so fein aufzustellen, daß sie die ganz geringe Bewegung, die nicht über ein paar Minuten des Tages hinausgeht, richtig anzeigen konnte. Er hat aus den lange fortgesetzten Beobachtungen dieses Instruments nachgewiesen, daß die Inclination um 10 Uhr Morgens ihren größten Werth erlangt, und ungefähr um 10 Uhr Abends am kleinsten wird, übrigens wie die Declination und Intensität im Sommer eine größere Bewegung als im Winter hat, auch plötzlichen Störungen wie die übrigen Elemente unterworfen ist. An derselben Nadel beobachtete Kupffer Morgens und Abends die Schwingungsdauer, und fand, daß auch die Totalkraft ihre tägliche Periode habe, und Abends größer als Morgens sei.

242. Großartige magnetische Unternehmungen der neuesten Zeit: Gauß. Aus der bisher gegebenen Uebersicht wird man entnehmen können, wie nach und nach die Zahl der Bestimmungen sich stets vermehrt hat; dabei kann Niemanden der auffallende Umstand entgehen, daß jede neue Entdeckung, anstatt uns in die eigentliche Natur der erdmagnetischen Kraft Einsicht zu gestatten, nur ein neues Problem aufgestellt hat. So hatte man, wenn der eigentliche Anfang magnetischer Untersuchung auf 1530 angenommen wird, von da an bis zu der eben erwähnten Arbeit von Kupffer, womit die verschiedenen zu untersuchenden Beziehungen als erschöpft zu betrachten sind, drei volle Jahrhunderte mit dem Fache des Erdmagnetismus sich beschäftigt, ohne einen Schritt der eigentlichen Erkenntniß dessen, was den Erscheinungen zu Grunde liegt, sich genähert zu haben. Wo ist der Sitz der magnetischen Kraft, in oder außer der

Digitized by Google

Erde? — Was bewirkt diese langsame Aenderung, die im Laufe der Jahrhunderte stetig sich in den verschiedenen Erscheinungen zeigt? — Wo hat die Periode, die sich größer im Sommer, und geringer im Winter alle Tage wiederholt, ihren Grund? —

In einer so regsamen Zeit wie die unsrige, war es allerdings zu erwarten, daß Fragen von so hohem wissenschaftlichem Interesse nicht lange unbeachtet bleiben würden. Sie haben auch in der neuesten Zeit Beachtung gefunden, und eine Bewegung in der wissenschaftlichen Welt hervorgerufen, die immerhin geschichtlich denkwürdig bleiben wird.

Den Ursprung dieser Bewegung kann man auf 1833 festsetzen, wo Gauß mit Instrumenten von eigenthümlicher Construction in Göttingen die Erscheinungen des Erdmagnetismus zu untersuchen anfing. Der bewunderungswürdigen Gewandtheit, womit dieser berühmte Mathematiker manche andere Untersuchung auf eine neue und practische Bahn geführt hatte, gelang es, den magnetischen Beobachtungen eine von der bisherigen verschiedene Gestaltung zu geben, seine Methoden und neu erfundenen Hülfsmittel machten es nicht blos möglich, die Declination und ihre Aenderungen mit einer früher unbekannten Genauigkeit zu messen, sondern auch dieselbe Genauigkeit auf die absolute Bestimmung der Intensität (auf dem von Poisson angedeuteten Wege) und die Beobachtung ihrer Aenderungen auszudehnen. Die Beobachtung einmal auf diese Stufe erhoben, zeigte sogleich, daß die magnetische Kraft nicht etwa eine allmälige Zu- und Abnahme von Stunde zu Stunde habe — wie es ungefähr bei der Temperatur der Luft der Fall ist —, sondern in jedem Augenblicke sich anders gestalte. Ein unaufhörliches Steigen und Fallen, bald von größerm bald von kleinerm Betrage charakterisirt die magnetischen Bewegungen. Gauß wählte diese Eigenthümlichkeit zum Gegenstande umständlicher Untersuchung. Seiner Einladung zufolge wurden von 1834 anfangend zuerst an wenigen Orten Instrumente, — den in Göttingen aufgestellten gleich — eingerichtet, um correspondirende Beobachtungen (sogenannte Termin-Beobachtungen) zu machen, und als man aus den ersten Versuchen erkannt hatte, daß jede, auch die kleinste Bewegung, die an einem Orte wahrgenommen wird, anderwärts sich äußert, und hiedurch eine Aussicht auf die Enträthselung der magnetischen Erscheinungen sich eröffnete, mehrte sich schnell die Zahl der Theilnehmer, und es wuchs der Eifer bis zu einem außerordentlichen Grade. Auf solche Weise entstand der magnetische Verein, der, von Gauß geleitet, sich bald weit über die Gränzen Deutschlands ausdehnte, wie man aus folgender Uebersicht der am Ende des Jahres 1838 mitwirkenden Beobachtungs-Stationen ersehen kann.

Altona.	Heidelberg.
Augsburg.	Freiberg.
Berlin.	Kremsmünster.
Breda.	Kuopio.
Breslau.	Leipzig.
Brüssel.	London.
Christiania.	Mailand.
Copenhagen.	Marburg.
Cracau.	München.
Dublin.	Petersburg.
Genf.	Prag.
Greenwich.	Seeberg.
Haag.	Stockholm.
Hannover.	Upsala.

Digitized by Google

243. Brittische und russische Observatorien: magnetische Expeditionen. Alles, was man bisher von der magnetischen Kraft zu erfahren vermocht hatte, zeigte, daß sie durchaus nicht auf einfachen Gesetzen beruhe; um sie zu ergründen, reicht es nicht hin, ihre Wirkungsweise in einem einzigen Lande zu verfolgen, auch die Beobachtungen eines einzigen Welttheiles genügen noch nicht, sondern es müssen die Beobachtungs-Punkte um die ganze Erdkugel nach allen Richtungen sich herumziehen. A. v. Humboldt, der selbst früher mit dieser Idee die heiße Zone Amerikas durchwandert hatte, und jetzt mit reger Theilnahme seine Aufmerksamkeit den Bestrebungen des magnetischen Vereins zuwandte, richtete besonders sein Augenmerk auf die möglichste Ausdehnung der Beobachtungs-Stationen sowohl als des Beobachtungs-Systems: seiner gewichtvollen Anregung und der kräftigen Mitwirkung von Sabine, Lloyd und Herschel in England, dann Kupffer in Rußland gelang es, die Regierungen dieser beiden ausgedehnten Reiche zu dem Entschlusse zu bringen, in ihren europäischen und außereuropäischen Besitzungen eine Anzahl gleich eingerichteter magnetischer Warten, wo ununterbrochen Tag und Nacht in kurzen Zeitintervallen beobachtet werden sollte, erbauen zu lassen, um so gleichsam ein magnetisches Netz über einen beträchtlichen Theil der Erde zu ziehen. Der großartige Plan fand auch von einigen andern Regierungen erwünschte Förderung. Frankreich, welches schon im Jahre 1838 eine wissenschaftliche Expedition in die Nordpolar-Gegenden gesendet hatte, beschloß, eine magnetische Station in Algier zu gründen, und von andern Staaten, namentlich von Oesterreich, Bayern, Belgien, Spanien und Nordamerika wurden mehr oder weniger vollständige magnetische Anstalten errichtet. Folgendes Verzeichniß gibt eine Uebersicht davon. Wo nicht die stündlichen oder wenigstens die zweistündlichen Beobachtungen gemacht sind, findet man solches bemerkt: diejenigen Stationen, die bereits ihre vollständigen Beobachtungen bekannt gemacht haben, sind mit Sternchen (*) bezeichnet:

* Algier (nur kurze Zeit in Wirksamkeit).
* Barnaul (Siberien).
* Bombay.
Breslau (nur Termin-Beobachtungen).
* Brüssel.
Cadix (Näheres nicht bekannt).
Cairo (Näheres nicht bekannt).
* Cambridge (Nordamerikanische Freistaaten).
Cap d. g. H.
* Catherinenburg.
* Christiania (nur ein Jahr lang vollständig unterhalten).
Dublin.
* Greenwich.
Helsingsfors (Finland).
* Kasan.
Lucknow (Ostindien).
* Madras.
* Mailand (nur kurze Zeit thätig).
* Makerstoun (unweit Edinburg).
* München.
* Nertschinsk (Siberien).
Nicolajeff (Krimm).
Pekin (China).
* Petersburg.
Philadelphia (Nordamerikanische Freistaaten).
* Prag (die Nachtbeob. fehlen zum Theil).
Simla.
Singapore.

*) Die magnetischen Beobachtungen dieser Expedition von Bravais und Martins, dann den schwedischen Officieren Liliehöck und Siljeström ausgeführt, theils auf der Reise, theils während des Winteraufenthalts in Boßkop angestellt, sind von großem wissenschaftlichem Werthe, und bilden jetzt noch die einzige Grundlage zur Untersuchung der täglichen magnetischen Bewegung in den Polar-Gegenden.

Digitized by Google

Sitka (russisch Nordamerika).
* St. Helena.
Tiflis (Georgien).
* Toronto.
Trevandrum (Ostindien).
* Vandiemensland (Hobarton).
* Washington (Nordamerika).

In Verbindung mit den permanenten Observatorien wurden magnetische Expeditionen zu Wasser und zu Land veranstaltet, um die Verhältnisse der magnetischen Kraft an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche zu ermitteln: die größten und erfolgreichsten dieser Untersuchungen sind die Südsee-Expeditionen unter Capitain Roß, der in den Jahren 1840—42 einen großen Theil der Gegend des Südpols bis zum 70sten Grade südlicher Breite untersuchte, dann die Land-Expeditionen in Nordamerika und am Cap d. g. H., sämmtlich auf Kosten der brittischen Regierung veranstaltet, ferner die magnetischen Reisen von Kupffer in Rußland und Kreil in Oesterreich. Von einer im Jahre 1846 abgegangenen brittischen Nordpol-Expedition unter Capitain Franklin sind bisher keine Nachrichten zurückgekommen.

Der Plan der magnetischen Arbeiten wurde durch Besprechung zwischen den Gelehrten der hauptsächlich dabei betheiligten Nationen zu Ende des Jahres 1838 festgesetzt, die Zurüstungen im folgenden Jahre betrieben, und bis Mitte des Jahres 1840 waren schon die meisten Anstalten in Thätigkeit. Die Arbeiten sind seither fortgesetzt worden.

244. Bemerkungen über den bisherigen Erfolg der magnetischen Observatorien. Uebersieht man den Entwickelungsgang der magnetischen Untersuchung während des letzten Decenniums, so wird man zugeben müssen, daß in der ganzen Geschichte der mathematischen Wissenschaften keine Parallele zu finden ist, sei es, daß man die Größe und Ausdehnung des Planes und den Betrag der angewendeten Geldmittel, sei es, daß man die Schnelligkeit der Ausführung berücksichtigt*).

Während übrigens in dieser Hinsicht das Unternehmen unstreitig Bewunderung verdient, müssen wir zugleich zugeben, daß ein minder vollkommener Erfolg in so ferne erlangt wurde, als die Kürze der Zeit nicht gestattet hatte, die Instrumente und Methoden einer hinreichend scharfen Prüfung zu unterwerfen. So wurden mehrere Unvollkommenheiten erst wahrgenommen, als schon eine längere Reihe von Beobachtungen hergestellt war. Hätte man die Beobachtungs-Periode, wie Anfangs beabsichtigt wurde, auf drei Jahre beschränkt, so würde das Mißlingen der ersten Beobachtungen als ein empfindlicher Verlust für die Wissenschaft zu betrachten sein: glücklicher Weise haben sich indessen die Regierungen bereitwillig dazu verstanden, die einmal eingerichteten Anstalten längere Zeit (jetzt bereits 10 Jahre) in Thätigkeit zu erhalten, so daß der anfängliche Erfolg als gleichgültig zu betrachten ist.

---

*) Zu einem magnetischen Observatorium gehört ein Personalstand von mindestens drei Gehülfen und einem Vorstande: an den meisten Anstalten sind aber vier, bisweilen fünf Gehülfen angestellt gewesen. Die Kosten sind begreiflicher Weise nach den Umständen sehr verschieden. Zu den kostspieligsten gehört das Observatorium in Greenwich, welches, obwohl mit der Sternwarte verbunden, und demselben Vorstande untergeordnet, 1200 Pfund Sterlinge (14400 Gulden) jährlich erfordert: aber auch unter den vortheilhaftesten Verhältnissen kann ein Observatorium, wenn es für sich allein (nicht in Verbindung mit einer Sternwarte) unterhalten wird, nicht mit weniger als 3000 Gulden jährlich bestehen. Im Mittel darf man, mit Einschluß der Instrumente und ihrer Unterhaltung, ein Observatorium auf 5000 Gulden jährlich anschlagen. Rechnet man zu den Unterhaltungs-Kosten der permanenten Observatorien noch die Kosten der magnetischen Expeditionen, so wird man darin die Bestätigung der oben ausgedrückten Ansicht finden.

Digitized by Google

Einige hatten bei Herstellung der permanenten Observatorien die Erwartung ausgesprochen, daß wenige Jahre ausreichen würden, die nöthige Grundlage für eine Theorie des Erdmagnetismus zu erlangen. Man muß gestehen, daß diese Erwartung nicht in Erfüllung gegangen ist. Wir kennen zwar jetzt ziemlich genau, wenigstens für einen großen Theil der Erdoberfläche, wie sich die magnetische Kraft äußert; wir sehen nun vor uns die Aenderungen, welche während einer mehrjährigen Periode vorgekommen sind, nehmen aber darin nirgends ein *einfaches Gesetz* wahr, obwohl übrigens Andeutungen von regelmäßig wirkenden Ursachen in großer Menge vorhanden sind. Hiernach ist die magnetische Untersuchung noch in jeder Beziehung unvollendet, und wenn wir in den folgenden Blättern eine „Theorie des Erdmagnetismus" geben, so ist darunter nur eine Zusammenstellung der Erfahrungs-Sätze und der vorzüglichsten Thatsachen, die man bisher ermittelt hat, und wodurch die magnetische Kraft characterisirt wird, zu verstehen.

III. Theorie des Erdmagnetismus.

245. *Gegensatz astronomischer und meteorologischer Fächer.* Die Natur-Erscheinungen, welche in das Gebiet mathematischer Untersuchung gehören, zerfallen in zwei Klassen, die wesentlich von einander sich unterscheiden, verschiedene Beobachtungs- und verschiedene Untersuchungs-Methoden erfordern. Bei einigen Erscheinungen liegt ein *einziges* Gesetz oder eine beschränkte Anzahl scharf begränzter Bedingungen zu Grunde und der Erfolg ist durch diese in jedem einzelnen Falle *genau* bestimmt: bei andern Erscheinungen dagegen wirken außer einigen bestimmten Ursachen eine unendliche Anzahl *zufälliger* Einflüsse bald mehr bald weniger kräftig mit, und lassen nur im *Allgemeinen* das Gesetzliche im Verlaufe der Erscheinung wahrnehmen. Zu der ersten Klasse rechnen wir vorzugsweise die Astronomie, die, von bestimmten Gesetzen ausgehend, die Bewegungen der Himmelskörper bis in's kleinste Detail verfolgt, und den Zusammenhang mit den Gesetzen genau nachweist. Als Typus der zweiten Klasse kann die Meteorologie betrachtet werden: sie befaßt sich nicht mit *einzelnen* Ereignissen, sondern sucht im *Allgemeinen* den Gang der atmosphärischen Zustände zu erklären: sie weist in den *Mittelwerthen* die Gesetze nach. Fragt es sich nun, zu welcher Klasse die erdmagnetischen Erscheinungen gehören, so kann die Antwort nicht zweifelhaft sein: sie haben mit den meteorologischen eine durchgängige Analogie, und müssen einer ähnlichen Behandlung unterworfen und nach gleichen Grundsätzen aufgefaßt werden. Demnach haben wir die Erde als einen magnetischen Körper zu betrachten, bei welchem die regelmäßige Vertheilung durch irgend *zufällige* Ursachen einigermaßen gestört ist: wir haben die tägliche Bewegung als eine Einwirkung der Sonne zu betrachten, die durch *zufällige* Verhältnisse bald etwas vermehrt, bald etwas vermindert wird, wir haben endlich die im Laufe der Jahrhunderte vorgehende Aenderung in dem magnetischen Zustande der Erde einer, sei es im Innern der Erde selbst, sei es im Weltgebäude, außerhalb der Erde begründeten Ursache zuzuschreiben, deren Erfolg wieder von *zufälligen* Ursachen mehr oder weniger abhängt.

246. *Speculationen über die Natur und Vertheilung des*

Digitized by Google

Erdmagnetismus. Wenn wir sagen, daß die Erde ein Magnet ist, so bieten sich zunächst zwei Fragen zur Beantwortung dar: Wo hat die magnetische Kraft der Erde ihren Sitz? Welche Beschaffenheit hat sie? — Nehmen wir für's Erste an, die magnetische Kraft der Erde sei von derselben Beschaffenheit wie die des Magneteisensteins, oder des magnetisirten Stahles, so sind wir genöthigt, ihren Sitz tief unter der Erdoberfläche zu suchen, denn weder die Atmosphäre, noch die Stoffe, welche die Erdrinde bilden — Wasser, Gesteine, Thon u. s. w. — sind fähig, Stahlmagnetismus anzunehmen oder zu behalten. Die Annahme einer magnetischen Kraft in den Tiefen der Erde enthält auch durchaus nichts mit bekannten Verhältnissen Unvereinbares; denn wir haben §. 60 gesehen, daß der Erdkern großes specifisches Gewicht haben und nicht unwahrscheinlich aus reguliniſchen Metallen bestehen müsse. Ferner würde diese Annahme mit der Erfahrung übereinstimmen, daß in den tiefsten Bergwerken, wie an den höchsten Punkten der Erde die magnetische Kraft ungefähr in gleicher Weise sich äußert.*)

Nur die tägliche Bewegung scheint hier ein unübersteigliches Hinderniß darzubieten. Da nämlich die Sonnenwärme im Laufe des Tages kaum einen Fuß unter die Erdoberfläche vordringt, so wäre es ganz und gar unbegreiflich, wie sie den Magnetismus modificiren könnte, wenn dieser erst in großer Tiefe anzutreffen ist. Um dieser Schwierigkeit auszuweichen, haben Einige angenommen, daß, während der constante Theil des Erdmagnetismus in den Tiefen der Erde unveränderlich sich befinde, unabhängig hievon an der Oberfläche galvanische oder thermomagnetische Ströme sich bilden, welche die tägliche Bewegung hervorbringen; Andere dagegen haben den ganzen Erdmagnetismus solchen Strömen beigemessen, die dann einer Modification durch die Sonnenwärme unterliegen. Unterdessen ist Alles, was man hierüber gesagt hat, so unbestimmt, so sehr von aller Begründung und Nachweisung entblößt, daß ich für das Zweckmäßigste halte, weiter darüber nichts zu erwähnen, um so mehr als die Untersuchung des Erdmagnetismus zunächst von der Beantwortung dieser Frage gänzlich Umgang nehmen kann. Denn da die verschiedenen Arten magnetischer Erregung immer Wirkungen hervorbringen, die denselben Gesetzen unterliegen, so ist es gleichgültig, ob wir die eine oder andere Erregungsart zu Grunde legen. Es kann immer ein galvanischer Strom angegeben werden, der dieselbe Wirkung hervorbringt, wie ein Magnet, und eben so kann man einen Magnet angeben, der dieselbe Wirkung hervorbringt, wie ein galvanischer Strom. Diesem gemäß wollen wir fernerhin den Magnetismus der Erde magnetisch wirkenden Theilchen, die, allgemein betrachtet, eben so gut in der Atmosphäre oder noch weiter im Weltraume hinaus, als im Innern der Erde angenommen werden können, zuschreiben, ohne uns weiter darum zu bekümmern, wie die Kraft der Theilchen entstanden ist.

247. Vertheilung des Erdmagnetismus: Theorie von Gauß. Nach solcher Voraussetzung wollen wir nun die wichtige Frage erörtern, wo der

*) Reich hat in Freiberg Versuche unter der Erde angestellt. Was die Richtung und Stärke der magnetischen Kraft an Bergspitzen betrifft, so habe ich selbst in den Jahren 1849 und 1850 im Auftrage der bayerischen Regierung umfassende Messungen vorgenommen, namentlich auf dem Sailing (6217 Pariser Fuß über dem Meere), dem Wendelstein (5663 P. F.), der Benedictenwand (5497 P. F.), dem Gaisberg (5308 P. F.), dem Rachel (4460 P. F.): es ergab sich dabei, daß weder eine merkliche Einnehmung, noch Verminderung des Erdmagnetismus in der Höhe wahrgenommen wird. Bei dieser Gelegenheit bemerke ich noch, daß ich den von Kreil zuerst beobachteten höchst merkwürdigen Einfluß der Tyroler Alpen auf die Richtung der Magnetnadel durch eigene Messungen bestätiget gefunden habe.

Digitized by Google

Magnetismus sich befinde. Wenn man von verschiedenen Punkten aus die Richtung und Stärke einer Kraft bestimmt, so kann man mit Hülfe des Calculs die Stelle ermitteln, wo sich die Kraft befindet. Hievon haben wir bereits ein Beispiel gesehen an der Aufgabe, die Leverrier gelöst hat (§. 199). Die Kraft, welche auf Uranus in verschiedenen Theilen seiner Bahn einwirkte, war aus der Beobachtung bekannt, und Leverrier unternahm, die Stelle zu bestimmen, von wo aus diese Kraft ausgeübt wurde. In diesem Falle bot die Aufgabe wegen der besondern Verhältnisse viele Schwierigkeit dar; im Allgemeinen ist sie aber nicht als besonders schwierig zu betrachten, so lange die Kraft in einem einzigen oder in wenigen — etwa zwei oder vier — Punkten concentrirt ist. Unter der vereinfachenden Voraussetzung, daß der Erdmagnetismus in wenigen Punkten (Polen) concentrirt sei, hat schon Halley Rechnungen angestellt, und die Lage und Kraft der angenommenen magnetischen Pole zu bestimmen gesucht: später sind ausführliche Arbeiten von Euler, Hansteen und Andern unternommen worden. Das Ergebniß ist aber in keinem Falle befriedigend gewesen, und man mußte zuletzt zu der Ueberzeugung gelangen, daß die Kraft, welche die magnetischen Phänomene an der Erdoberfläche hervorbringt, nicht in zwei Punkten im Innern der Erde (einem Südpole und einem Nordpole), und eben so wenig in vier Punkten (zwei Südpolen und zwei Nordpolen) concentrirt sein könne.

Die frühesten Versuche, die Wirkung, welche ein Magnetstab in verschiedenen Stellungen auf eine freie Nadel ausübt, zu berechnen, waren auf der analogen Voraussetzung, daß der Magnetismus in zwei Punkten, nahe an den Enden des Stabes, concentrirt sei, gegründet, und hatten einen eben so ungenügenden Erfolg. Man erkannte, daß es nothwendig sei, den Magnetismus als im ganzen Stabe, nach einem zu ermittelnden Gesetze, vertheilt anzunehmen, und erst als diese Hypothese eingeführt war, kam zwischen Rechnung und Beobachtung die erforderliche Uebereinstimmung zu Stande. Die Theorie des Erdmagnetismus konnte keine namhaften Fortschritte machen, bis eine analoge Hypothese, d. h. eine allgemeine Vertheilung der magnetischen Kraft im Erdkörper der Rechnung zu Grunde gelegt wurde, was von Gauß im Jahre 1837 mit der ihm eigenthümlichen Tiefe und Gewandtheit geschehen ist. Er gelangte zu einem mathematischen Ausdrucke, welcher die Richtung und Stärke der magnetischen Kraft an allen Punkten der Erdoberfläche, nahe übereinstimmend mit der Beobachtung, vorstellt.

Man muß indessen nicht etwa das Gesagte so verstehen, als hätte Gauß, indem er die Ergebnisse der bisherigen Beobachtungen durch Formeln darstellte, uns von dem Sitze der magnetischen Kraft oder ihrem Wesen entschiedene Kunde verschafft. In der That gehörte dieß zunächst gar nicht zu der Aufgabe, wie sie Gauß aufgefaßt hat. Um die hierauf bezüglichen Verhältnisse zu erläutern, komme ich wieder auf die gerade vorhin erwähnte Wirkung eines Magnetstabes zurück. Man bringe einen Magnetstab in die Nähe einer frei hängenden Nadel und lege denselben in verschiedenen Lagen hin, so wird für jede Lage des Magnetstabes die Richtung der Nadel eine andere sein: will man nun einen Ausdruck finden, der die Richtung der Nadel für jede gegebene Lage des Magnetstabes darstellt, so muß man einestheils die erforderliche mathematische Entwickelung vornehmen, anderntheils aber durch Beobachtung die Richtung der Nadel für gewisse Lagen des Magnetstabes bestimmen. Die Theorie gibt die Form, die Beobachtung die im Ausdrucke vorkommenden Zahlenwerthe*). Nun

*) Wenn ein Ausdruck die Wirkung eines Magnets in mehreren beobachteten Entfernungen richtig darstellt, so darf man allerdings annehmen, daß er für jede beliebige Entfernung, die nur wenig größer oder kleiner als die beobachteten ist, gelten werde. Für Entfernungen,

Digitized by Google

findet sich aber, daß die Form immer dieselbe ist, es mag die Kraft im Innern des Stabes, oder an der Oberfläche, oder außen um den Stab herum vertheilt sein. Während wir demnach gewöhnlich annehmen, daß die Kraft in den Magneten ist, könnte sie gerade so gut auf den Flächen sich befinden, oder als eine fest anhängende Atmosphäre den Magnet umgeben: alle unsere Rechnungs-Resultate vertragen sich ebenso gut mit der einen als mit der andern Hypothese. Gerade so verhält es sich auch mit der magnetischen Kraft der Erde: die Gauß'schen Ausdrücke für die drei Componenten gelten also, wenn die Kraft in der Erde sich befindet, gelten aber auch ebenso gut, wenn sie an der Oberfläche, oder in der Atmosphäre oder sonst irgendwo im Raume vertheilt ist. Im Allgemeinen kann man sogar sagen, daß es unmöglich ist, aus den Aeußerungen der magnetischen Kraft, die wir wahrnehmen, auf die eigentliche Vertheilung dieser Kraft zu schließen, weil verschiedene Vertheilungen angegeben werden können, die alle für uns dieselben Erscheinungen hervorbringen würden. Indessen hat Gauß (und dieß ist ungezweifelt der merkwürdigste Theil seiner Theorie) einen Umstand hervorgehoben, der für die künftige Forschung von großer Wichtigkeit werden muß, insoferne daraus unter gewissen Bedingungen *) gefolgert werden kann, ob der Sitz der magnetischen Kraft über uns in der Atmosphäre, oder unter uns im Innern der Erde, oder auf der Oberfläche selbst zu suchen ist. Folgende Betrachtung möchte vielleicht zur Verdeutlichung dienlich sein.

Auf eine Magnetnadel ns (Fig. 82) hat ein südliches Element im Innern der Erde in S denselben Einfluß, wie ein nördliches Element in der Atmosphäre N: geht man aber weiter nach Süden und stellt die Nadel in n' s' auf, so wird durch das südliche Element S die Neigung der Nadel vermindert, durch das nördliche Element N dagegen die Neigung vermehrt werden: wenn man also auf der Erde in einer bestimmten Richtung fortwandert, so werden sich die magnetischen Verhältnisse anders gestalten, falls die Kraft oberhalb, und anders, falls sie unterhalb der Erdoberfläche sich befindet. Ich führe übrigens diesen Satz hier an, nicht als wenn er, wie er ist, auf den Erdmagnetismus (wobei es nicht um die Wirkung eines einzigen, sondern unendlich vieler Elemente sich handelt) angewendet werden könnte, oder als wenn er von der Grundlage der Gauß'schen Untersuchung (womit er blos verwandt ist) eine richtige Vorstellung gäbe, sondern weil dadurch, wie ich glaube, begreiflich gemacht wird, wie die Frage über den Sitz oder die Quelle des Erdmagnetismus mit den angedeuteten Verhältnissen der magnetischen Constanten, namentlich der Inclination, in Zusammenhang kommt, und wie es gewisse Kennzeichen gibt, wornach entschieden werden kann, wo wir

---

die weit außerhalb der Gränzen der Beobachtungen liegen, darf man im Allgemeinen einen solchen Ausdruck nicht als gültig betrachten. Bei dem Erdmagnetismus treffen wir ähnliche Verhältnisse an: wo Gauß gute Beobachtungen zu Grunde legen konnte, stimmen seine Ausdrücke mit dem wirklichen Stande ziemlich genau überein: die Südpolar-Gegenden lagen aber außerhalb der Gränze der damaligen Beobachtung und deßhalb zeigen sich zwischen dem theoretischen und dem wirklichen Stande, wie er in neuester Zeit von Capitain Roß ermittelt worden ist, sehr bedeutende Abweichungen.

*) Bei der Vertheilung der magnetischen Kraft bildet die Entfernung, aus welcher die magnetischen Elemente wirken, ein wesentliches Moment. Man kann sich vorstellen, daß dieselben magnetischen Elemente an vielen und weit von einander gelegenen Punkten der Erdoberfläche wirksam sind, man kann sich aber auch vorstellen, daß an jedem Punkte nur die zunächst gelegenen magnetischen Elemente Einfluß ausüben und daß in größerer Entfernung der Einfluß gänzlich verschwindet. Unter der letztern Voraussetzung wäre der Erdmagnetismus durchaus lokal und ein nothwendiger Zusammenhang zwischen den Aeußerungen an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche nicht vorhanden.

Digitized by Google

das magnetische Fluidum zu suchen haben. Die hieraus folgenden Regeln, auf die Gauß'schen Formeln angewendet, deuten an, daß der Erdmagnetismus, wenn nicht ganz, doch dem Haupttheile nach unter der Erdoberfläche sich befinde.

248. Normaler Stand und Abweichungen. Wir wollen nun von der Gauß'schen Theorie zu der Betrachtungsweise wieder zurückkehren, welche in der obigen Einleitung (§. 245) entwickelt ist. Um die magnetische Kraft, wie sie an der Erdoberfläche sich zeigt, zu bestimmen, sollte zuerst dargelegt werden, wie die magnetischen Verhältnisse sich gestalten würden, wenn keine Unregelmäßigkeiten vorkämen; alsdann sollte für jeden Punkt an der Erdoberfläche der Einfluß der Unregelmäßigkeiten bezeichnet werden: der normale Stand, und die als zufällig zu betrachtenden Abweichungen drücken den Erdmagnetismus aus.

Was nun den normalen Stand betrifft, so läßt sich darüber wenig sagen, weil wir den Erdmagnetismus, seinem Wesen und seinem Entstehen nach, gar nicht kennen; indessen glaube ich, daß es sehr wohl zulässig sei, die Erde mit einer magnetisirten Stahlkugel, die sich um ihre magnetischen Pole dreht, zu vergleichen. Wäre Fig. 83 eine magnetisirte Stahl-Kugel, P und P' der Nord- und Südpol, so würde eine frei schwebende Nadel in verschiedenen Punkten die Richtung annehmen, welche durch die Pfeile angezeigt ist; an den Polen würde sie senkrecht sich stellen, am Aequator parallel mit der Axe, und zwischen dem Aequator und den Polen würde die Neigung stetig zunehmen. Die Kraft, womit die Nadel in ihrer jedesmaligen Richtung erhalten würde, wäre am kleinsten am Aequator, am größten an den Polen. Eine Abweichung vom Meridian gegen Westen oder Osten fände nicht statt, sondern die Horizontal-Richtung würde überall mit der Mittagslinie zusammenfallen.

Vergleicht man mit diesem Typus die Richtung und Kraft, so wie wir darüber aus der Beobachtung Kenntniß erhalten haben, so läßt sich überall eine allgemeine Uebereinstimmung nachweisen, obwohl die Abweichungen sehr zahlreich und sehr bedeutend sind. Die magnetischen Pole (wo die Nadel senkrecht sich stellt) treffen nicht auf den Nord- und Südpol der Erde, sondern finden sich nahe 16 Grade davon entfernt, und zwar der eine in P (Fig. 84) im Norden von Amerika (Breite + 74°, östliche Länge 282° von Ferro), der andere südlich von Vandiemensland in P' (Breite — 76°, östliche Länge 178° von Ferro). Durch diese Verstellung der magnetischen Pole werden die sämmtlichen Verhältnisse mehr oder weniger geändert. So erleidet der magnetische Aequator (wo die Nadel horizontal bleibt) eine Verrückung in demselben Sinne wie die Pole, und findet sich, wie aus Fig. 84 zu ersehen, auf der einen Seite südlich vom Erd-Aequator, auf der andern Seite nördlich und zwar in keinem regelmäßigen Kreise. Außerdem gibt es noch zwei Abweichungen, die auf sämmtliche Verhältnisse einen Einfluß äußern:

1) Ist in der südlichen Halbkugel der Erdmagnetismus stärker (entweder mehr zusammengedrängt oder näher an der Oberfläche) als in der nördlichen, und zwar beträgt die größte südliche Intensität um $\frac{1}{3}$ mehr als die größte nördliche;

2) ist die magnetische Intensität nicht in allen Meridianen gleich und es finden sich in der Aequatorial-Zone zwei Punkte F und F' — die Pole kleinster Intensität — wo die Intensität am geringsten ist, und gegen welche hin eine Abnahme von allen Seiten wahrgenommen wird. Der eine dieser Pole (F) trifft in die Nähe von St. Helena (350°. 12' östlich — 18°. 27'), der andere (F') befindet sich fast gerade gegenüber auf der entgegengesetzten Erdhälfte im stillen Ocean (178°. 27' östlich + 5°. 9').

Die zwei oben erwähnten Pole kleinster Intensität stehen auch mit der

Digitized by Google

Declination in Zusammenhang: es ist nämlich auf der Erdhälfte, wo der erste Pol sich befindet (auf der europäisch-afrikanischen Hälfte), die Declination überall mehr oder weniger westlich; auf der Hälfte, welcher der zweite Pol angehört (der asiatisch-amerikanischen Hälfte) die Declination überall östlich, mit Ausnahme eines Landstriches im östlichen Asien, wo eine geringe westliche Abweichung angetroffen wird. Die beiden Hälften werden von einander getrennt durch die um die ganze Erde und durch die Pole sich herumziehende und in der Zeichnung auch dargestellte Linie ohne Abweichung. An allen Punkten dieser Linie ist die Nadel gerade nach Norden gerichtet.

Bemerkenswerth ist noch, daß die Intensität mit der Inclination nicht in der Weise übereinstimmt, wie es bei regelmäßiger Vertheilung des Magnetismus zu erwarten wäre. Die größte Intensität, die mit dem magnetischen Pole zusammenfallen sollte, trifft man in E (Fig. 84) nahe 20 Grad südlicher und ungefähr in derselben Mittagslinie an (Breite + 54°, Länge 279° von Ferro). Ein secundärer Punkt größter Intensität E' findet sich in Sibirien vor (Breite + 71° Länge 138° von Ferro). In Süden wird nach den Beobachtungen von Capt. Roß die größte Intensität ganz in der Nähe des magnetischen Poles liegen. Einen secundären Punkt größter Intensität gibt es in Süden nicht.

Ich habe hier die hauptsächlichsten Eigenthümlichkeiten des Erdmagnetismus, wie er an der Oberfläche der Erde sich darstellt, zu entwickeln gesucht, brauche übrigens kaum zu bemerken, daß, da die Kraft durchaus nicht mit einfacher Regelmäßigkeit vertheilt ist, durch das Gesagte nur ein allgemeiner Begriff gegeben werden soll.

Wer genauer die Richtung und Kraft der Nadel an einzelnen Punkten kennen lernen will, muß die Messungen der verschiedenen Reisenden, die mit dem Fache des Erdmagnetismus sich beschäftigten, oder die Charten von Hansteen, Sabine, Erman, Gauß und Andern, wo die Ergebnisse der Beobachtung graphisch und zwar durch Linien gleicher Declination (isogonische), Linien gleicher Inclination (isoclinische), Linien gleicher Intensität (isodynamische) dargestellt sind, zu Rathe ziehen.

Ein Verzeichniß der Constanten für die am genauesten magnetisch bestimmten Punkte der Erde lasse ich hier folgen.

Magnetische Constanten.

Westliche Declinationen sind mit +, östliche mit — bezeichnet. Wenn das Nordende der Nadel unter den Horizont zeigt, so wird die Inclination als positiv (+) betrachtet: zeigt aber das Südende der Nadel unter den Horizont, so wird die Inclination als negativ (—) angenommen. Die Horizontal-Intensität ist in absolutem Maaße ausgedrückt: für die Totalintensität sind dagegen nur relative Werthe angegeben. Will man die Totalintensität in absolutem Maaße ausdrücken, so muß man die Zahlen der Tabelle mit dem Faktor 3,4941 multipliciren.

Digitized by Google

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontal-Intensität.	Total-Intensität.
I. Deutschland und dazu gehörige Länder.					
Altona	1845	—	—	1,7096	—
Aschaffenburg	1845	17° 58′	66° 51′	1,8380	—
Augsburg	1845	16 49	65 24	1,9539	—
Bamberg	1845	16 55	66 32	1,8579	—
Berlin	1845	16 32	67 35	—	1,367
Bonn	1845	—	—	1,7941	—
Botzen	1845	15 43	63 53	2,0057	—
Bregenz	1845	17 20	64 56	1,9500	—
Carlsruhe	1845	18 14	66 20	1,8740	—
Constanz	1845	17 50	65 10	1,9380	—
Darmstadt	1845	18 15	66 54	1,8350	—
Florenz	1848	—	62 8	2,0029	—
Frankfurt	1845	18 13	66 53	1,8268	—
Genf	1845	18 49	—	1,9715	—
Göttingen	1845	17 43	67 32	1,7848	—
Gratz	1845	14 22	63 34	2,0291	—
Hannover	1845	—	—	1,7490	—
Hermannstadt	1845	10 6	61 21	2,1708	—
Innsbruck	1845	16 31	64 20	1,9699	—
Karlsburg	1845	10 16	61 40	2,1560	—
Kempten	1845	16 57	65 1	1,9469	—
Kiel	1845	—	—	1,6819	—
Klagenfurt	1845	14 53	63 29	2,0339	—
Königsberg	1845	13 22	69 26	—	1,365
Krakau	1845	12 15	65 27	1,9312	—
Kremsmünster	1845	15 14	64 14	1,9559	—
Laibach	1845	14 32	62 58	2,0623	—
Leipzig	1845	16 14	67 19	1,8150	—
Lindau	1845	17 22	64 55	1,9460	—
Linz	1845	14 47	64 44	1,9579	—
Mailand	1845	17 0	63 13	2,0375	—
Mannheim	1845	18 15	66 40	1,8568	—
Meran	1845	15 55	64 0	1,9949	—
München	1845	16 30	65 10	1,9379	—
Nürnberg	1845	16 49	66 2	1,8859	—
Ofen	1845	12 52	63 20	2,0359	—
Passau	1845	15 40	65 17	1,9307	—
Prag	1845	15 14	66 2	1,8805	—
Preßburg	1845	13 56	64 3	1,9953	—
Salzburg	1845	15 51	64 50	1,9564	—
Schäsburg	1845	10 43	61 47	2,1513	—
Stuttgart	1845	17 51	66 3	1,8870	—
Triest	1845	14 55	62 45	2,0752	—
Tübingen	1845	17 52	65 53	1,9034	—
Ulm	1845	17 18	65 37	1,9560	—
Venedig	1845	15 37	62 56	2,0627	—
Wien	1845	14 4	64 22	1,9797	—
Würzburg	1845	17 32	66 36	1,8580	—
II. Großbritannien, Frankreich, Belgien, Holland.					
Berwick	1837	—	71° 46′	—	1,0254
Besançon	1845	—	—	1,9232	—

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontal-Intensität.	Total-Intensität.
Birmingham	1837	—	70° 5′	—	—
Brüssel	1845	21° 17′	68 6	1:7662	1,363
Bushey	1837	24 0	69 26	—	—
Cambridge	1837	—	69 41	—	—
Dijon	1845	—	—	1,9143	—
Dover	1837	—	68 54	—	—
Dublin	1845	27 0	71 1*	—	1,0195
Edinburgh	1837	—	71 50	—	1,0231
Glasgow	1837	—	72 4	—	1,0232
Leiden	1845	20 52	—	1,7234	—
Lerwick	1837	27 9	73 49	1,4029	1,0358
Liverpool	1837	—	70 43	—	—
London	1845	—	69 21	1,7193	1,0000
Lyon	1845	—	—	1,9757	—
Makerstoun	1845	25 11	71 22	1,5600	—
Paris	1835	22 4	67 24	1,8366**	1,348
Toulon	1843	—	68 28	2,0955	—
Utrecht	1845	20 21	—	1,7278	—
Valencia	1837	28 42	70 59	—	1,0283
York	1837	—	70 49	—	—

III. Rußland und die Scandinavischen Länder.

Astrachan	—	+ 1° 12′	59° 58′	—	1,334
Barnaul	1842	— 8 25	70 7	2,0512	1,605
Catharinenburg	1842	— 6 39	69 53	1,8379	1,523
Christiania	—	+ 19 50	72 7	1,5475	1,419
Jakutsk	—	+ 5 50	74 18	—	1,697
Irkutsk	—	— 1 38	68 14	—	1,647
Kasan	1842	— 3 24	68 22	1,8769	1,433
Moskwa	—	+ 3 2	68 57	—	1,404
Nertschinsk	1842	+ 3 44	67 8	2,2063	1,635
Ochotsk	—	+ 2 18	70 41	—	1,615
Orenburg	—	— 3 22	64 44	—	1,432
Petersburg	1842	+ 6 21	71 0	1,6582	1,410
Pogromnoi	—	+ 0 18	68 8	—	1,640
Reikiavik	—	+ 43 14	77 0	—	—
Spitzbergen	—	+ 25 12	81 11	—	1,562
Stockholm	1842	—	71 22	1,5553	—
Tiflis	1845	+ 1 52	—	2,5541	—
Tobolsk	—	— 10 29	71 1	—	1,557
Tomsk	—	— 8 34	70 55	—	1,619

IV. Süd-Europa (Italien, Griechenland, Spanien).

Athen (Piräus)	1843	—	53° 53′	2,5384	—
Catania	1836	—	—	2,4907	—
Gibraltar	1840	+ 21° 40′	59 40	—	1,297
Malaga	1843	—	59 20	2,2921	—
Messina	1836	—	—	2,4282	—
Milo	1843	—	52 13	2,6074	—
Neapel	1843	—	58 42	2,3014	—
Palermo	1835	+ 16 3	57 16	—	1,274
Rom	1839	—	60 9	2,2788	—

*) für 1837.
**) für 1845.

Digitized by Google

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontal-Intensität.	Total-Intensität.
V. Afrika.					
Algier	1842	+ 18° 35′	+ 57° 21′	2,3730	—
Ascension . .	1842	19 16	(+ 1 39)	—	0,853
Cap d. g. H. .	1842	29 13	— 53 20	—	1,014
St. Helena . .	1845	23 32	— 21 52	2,7339	—
Port Louis (Mauritius) . . .	1845	+ 9 44	— 53 56	—	1,156
VI. Südasiatische Länder.					
Bombay . . .	1845	—	+ 18° 12′	3,6310	—
Hong Kong . .	1841	— 0° 37′	30 3	—	1,156
Macao . . .	1841	— 0 35	30 1	—	1,159
Madras . . .	1837	—	+ 6 52	—	1,031
Malacca . . .	1841	— 1 36	— 11 2	—	1,069
Manilla . . .	1840	— 0 18	+ 16 27	—	1,084
Pekin	—	+ 1 48	+ 54 49	—	1,453
Singapore . .	1841	— 1 39	— 12 1	—	1,074
VII. Nordamerika.					
Acapulco . . .	1838	— 8° 23′	+ 37° 57′	—	1,316
Albany	1840	+ 6 58	74 48	—	1,810
Baltimore . .	1842	—	71 41	—	1,782
Belfast . . .	1838	+ 13 0	—	—	—
Buffalo See .	1837	+ 1 25	74 38	—	1,854
Cambridge . .	1840	+ 9 12	74 19	—	1,776
Chicago . . .	1842	—	72 44	—	1,823
Cincinnati . .	1840	— 4 46	70 27	—	1,795
Columbus . .	1839	— 5 30	71 4	—	—
Fort Alexander .	1844	—	79 3	—	1,857
Fort Edmonton .	1844	—	77 54	—	1,809
Fort Vancouver	1839	— 19 22	69 22	—	1,657
Fort William .	1844	—	78 5	—	1,866
Galena . . .	1840	— 9 25	73 3	—	—
Hudson . . .	1840	— 1 52	72 48	—	1,807
Kodiak . . .	1839	— 26 43	72 43	—	1,603
Magdalena Bay	1839	— 9 15	46 34	—	1,362
Mabequeta . .	1840	— 8 45	72 44	—	1,766
Mazatlan . . .	1839	— 9 24	46 38	—	1,370
Monterey . .	1839	— 14 13	61 4	—	1,531
Montreal . . .	1835	+ 9 50	77 9	—	1,788
New-York . .	1840	+ 5 34	72 39	—	1,775
Philadelphia . .	1840	+ 4 3	71 59	—	1,788
Port Etches . .	1837	— 31 38	76 3	—	1,728
Princeton . .	1842	—	72 43	—	1,785
Quebec . . .	1842	—	77 15	—	1,801
Santa Barbara	1839	— 13 28	58 54	—	1,501
San Bartholomeo	1839	— 10 46	51 41	—	1,432
San Francisco .	1838	— 15 20	62 0	—	1,540
Sitka	1845	— 28 53	75 51	1,4663	1,731
St. Louis . .	1835	— 8 49	69 28	—	1,790
Toronto . . .	1842	+ 1 19	75 16	1,6321	—
Washington . .	1842	+ 1 24	71 14	—	1,786

Digitized by Google

Name des Orts.	Jahr.	Declination.	Inclination.	Horizontal-Intensität.	Total-Intensität.
VIII. Südamerika.					
Bahia	—	+ 4° 18′	+ 5° 24′	—	0,871
Bow Insel	1840	—	— 30 16	—	1,123
Callao	1838	— 10 44	— 6 14	—	0,980
Chiloe	—	— 18 0	— 49 26	—	1,313
Cocos Insel	1839	— 8 24	+ 23 44	—	1,125
Concepcion	—	— 16 48	— 44 13	—	1,238
Gallopagos Insel	—	— 9 30	+ 9 29	—	1,069
Magnetische Insel	1837	— 7 37	+ 31 12	—	—
Martins Insel	1840	— 6 16	— 14 6	—	1,024
Monte Video	—	— 12 0	— 35 40	—	1,060
Panama	1837	— 7 2	+ 31 52	—	1,205
Pernambuco	—	+ 5 54	+ 13 13	—	0,914
Puna Insel	1838	— 8 56	+ 9 8	—	1,024
Realejo	1838	— 7 53	+ 34 37	—	—
Rio de Janeiro	—	— 2 8	— 13 30	—	0,878
Valparaiso	—	— 15 18	— 39 7	—	1,176
IX. Australien.					
Aukland Insel	1841	— 15° 29′	— 73° 10′	—	1,851
Bay of Islands (Neu Seeland)	1842	— 13 36	— 59 32	—	1,607
Hobarton	1846	— 9 55	— 70 36	2,0700	—
KingGeorgesSound	1845	— 5 33	— 65 4	—	1,688
Poyerte (Otaheite)	1840	(— 7 34)	— 27 9	—	1,098
Point Venus (Otaheite)	1840	— 6 30	— 30 18	—	1,133
Port Louis (Falkland Inseln)	1842	— 17 36	— 52 26	—	1,335
Sydney	1842	— 9 51	— 62 49	—	1,699

249. Säcular-Aenderungen. Wenn es mancherlei Schwierigkeiten hat, die einzelnen Eigenthümlichkeiten, die wir bisher, mit Beziehung auf die Begründung einer Theorie des Erdmagnetismus, angeführt haben, zu vereinbaren, und eine annehmbare Vorstellung daraus zu bilden, so zeigt sich dieß als völlig unmöglich, sobald man noch die fernere aus der Beobachtung hervorgegangene Thatsache hinzufügt, daß die Vertheilung des Erdmagnetismus von Jahr zu Jahr sehr merklich sich ändert und zwar nicht etwa sprungweise, sondern in stetiger Bewegung. So ist die Declination in Europa in den letzten zwei Jahrhunderten immer westlicher geworden, etwa in je 8 Jahren um einen Grad: in diesem Jahrhunderte wurde die Bewegung allmälig langsamer bis um das Jahr 1820 die Nadel nach kurzem Stillstande wieder umkehrte. Jetzt nimmt die Declination ab mit derselben Geschwindigkeit, als sie früher zugenommen hatte. Auf andern Welttheilen fand Aehnliches statt. So besitzen wir Beobachtungen vom Cap d. g. H. seit 1605 und von St. Helena seit 1600 und finden überall denselben Verlauf, mit dem Unterschiede jedoch, daß der Zeitpunkt des Umkehrens nicht derselbe für die verschiedenen Orte ist: so hat am Cap d. g. H. die Nadel ungefähr im Jahre 1843 den Umkehrungspunkt erreicht,

Digitized by Google

während in St. Helena eine immer fortschreitende westliche Bewegung von acht Minuten des Jahres, jetzt noch stattfindet.

Bei der Inclination treffen wir ebenfalls eine stetige Aenderung an, aber in sehr verschiedenem Betrage: in Europa erhebt sich allmälig das Nordende der Nadel und die Inclination wird um 3 Minuten alle Jahre geringer,*) in St. Helena, wo das Südende der Nadel nahe 22 Grade unter den Horizont zeigt, nimmt dieser Winkel alle Jahre um 8 Minuten zu. Es ist wahrscheinlich, daß auch bei der Intensität eine analoge Aenderung vorkomme: die Beobachtungen umfassen jedoch bisher einen zu kurzen Zeitraum, als daß man Bestimmtes darüber aussprechen könnte.

Um diese Säcular-Aenderungen zu erklären, haben Einige von einem allmäligen Starrwerden einzelner Theile des Erdkerns, wodurch der Magnetismus sich verschieden gestalte, Andere von einem unsichtbaren magnetischen Planeten gesprochen, der um die Erde in 700 Jahren herumgehe. Man begreift leicht, daß mit Hypothesen, die weder in der Analogie noch in sonstigen Phänomenen ihre Stütze haben, Nichts gewonnen ist, und es wird für jetzt jedenfalls am Besten sein, gleich einzugestehen, daß wir über den Grund dieser räthselhaften Erscheinung auch gar keine annehmbare Vermuthung aufstellen können.**)

250. Tägliche Periode. Die Richtung sowohl als die Kraft des Erdmagnetismus unterliegt einer alle 24 Stunden wiederkehrenden Aenderung, die im Wesentlichen in unsern Gegenden durch folgende Merkmale sich äußert:

1) Die Declination hat ihren östlichsten Stand ungefähr um 8 Uhr Morgens, sie bewegt sich ziemlich rasch gegen Westen bis 1½ oder 2 Uhr Mittags und kehrt dann Nachmittags und während der Nacht langsam, und zwar mit etwas ungleichmäßiger Bewegung, auf ihren ursprünglichen Stand wieder zurück;

2) die Inclination ist um 10 Uhr Morgens am größten und nimmt von da an bis 10 Uhr Abends ab, alsdann wird sie wieder, jedoch nicht ganz regelmäßig fortschreitend größer, bis sie ihren ursprünglichen Stand des andern Tages um 10 Uhr erreicht;

3) die Intensität (ganze Kraft) hat dieselben Wendepunkte wie die Inclination, jedoch einen umgekehrten Gang, in so ferne als sie am kleinsten ist um 10 Uhr Morgens und das Maximum um 10 Uhr Abends erlangt;

4) bei allen drei Elementen ist die Bewegung größer in der Sommerhälfte und kleiner in der Winterhälfte des Jahres, auch die Wendepunkte treten etwas früher oder später ein, ohne daß übrigens der Charakter der Bewegung im Allgemeinen sich ändert.

---

*) Hansteen berechnet nach den bisherigen Beobachtungen, daß noch vor Ende dieses Jahrhunderts die jährliche Abnahme der Inclination aufhören und die Nadel eine entgegengesetzte Bewegung annehmen wird.

**) Man hat nach der oben §. 251 erwähnten Weise alle Verhältnisse des Erdmagnetismus graphisch durch Linien-Systeme dargestellt und dann die Säcular-Aenderungen der magnetischen Elemente durch ein allmähliges Fortrücken dieser Linien-Systeme zu erklären gesucht. Was in dieser Hinsicht geschehen ist, führe ich nicht an, weil nirgends eine einfache und gleichmäßige Bewegung den Erfolg darstellt, sondern angenommen werden muß, daß ein Theil nach dieser, ein anderer Theil nach einer andern Richtung und zwar bald schneller, bald langsamer sich bewege; so z. B. wird gesagt, daß bei uns das Declinations-System im Allgemeinen sich östlich, in der Südhälfte der Erde dagegen westlich bewegt habe: geht man dagegen in das Specielle, so müssen in jeder Parallele andere Constanten und sogar zum Theile andere Bedingungen der Bewegung angenommen werden.

Digitized by Google

Diese Bestimmungen können als für die ganze nördliche Halbkugel gültig betrachtet werden. In der südlichen Halbkugel ist die Folge der magnetischen Aenderungen während der 24stündigen Periode ganz dieselbe, aber die Bewegung durchgängig in entgegengesetztem Sinne, wo nämlich eine westliche Bewegung oder eine Zunahme in Norden stattfindet, trifft man in Süden eine östliche Bewegung oder eine Abnahme. Auch ist die Bewegung am kleinsten auf der Südseite des Aequators, wenn sie auf der Nordseite am größten ist, weil der Winter der Südseite unserem Sommer entspricht.

Eine charakteristische Eigenthümlichkeit der täglichen Bewegung ist, daß sie nicht einen Tag wie den andern sich wiederholt, sondern einmal etwas größer, ein anderesmal etwas kleiner ist, auch sonst manche kleine Abweichungen enthält, ungefähr in gleicher Weise, wie die Temperatur der Luft, die ebenfalls einen regelmäßigen Gang im Mittel, aber vielerlei Ungleichheiten in einzelnen Tagen zeigt.

Um eine Uebersicht zu gewinnen, ist es zweckmäßig, die Aenderungen der verschiedenen Elemente zu vereinigen und graphisch zu verzeichnen. Man stelle sich zu diesem Zwecke eine Nadel vor, die an ihrem Schwerpunkte frei aufgehängt ist und nach allen Seiten sich bewegen kann, so wird das Nordende derselben nach den Münchener Beobachtungen während der 24 Stunden im Sommer die Curve Fig. 85 und im Winter die Curve Fig. 86 beschreiben: die Intensität, womit sie in jedem Puncte angezogen wird, ist durch die Stärke der Schattirung angedeutet.

251. Ursache der täglichen Periode. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß durch die Sonne die tägliche Bewegung der Magnetnadel hervorgerufen wird; in welcher Weise der Erfolg*) zu Stande kommt, ist uns ein völliges Räthsel, und wir werden auch nicht zu einer Erklärung gelangen, so lange wir den weiter unten angegebenen Einfluß der Störungen nicht ausscheiden können. Es ist von Einigen angenommen worden, daß an der Erdoberfläche durch Einwirkung der Sonne ein galvanischer oder thermoelectrischer Strom entstehe; indessen habe ich aus den Münchener Beobachtungen nach den oben angedeuteten Kriterien (§. 247) gefolgert, daß die Kraft, wodurch die tägliche Bewegung hervorgebracht wird, gar nicht an der Erdoberfläche und auch nicht einmal nahe an der Erdoberfläche sich befindet.

Ich halte es für höchst wahrscheinlich, daß die magnetische Bewegung mit den atmosphärischen Perioden zusammenhängt: nicht blos treffen die Wendepunkte (jene der Declination mit der Temperatur, und jene der Inclination und Intensität mit dem Luftdrucke) ziemlich nahe überein, sondern es findet auch sogar, wie Kreil nachgewiesen hat, ein Mondeinfluß beim Magnetismus, wie beim Luftdrucke statt.

Will man eine Kraft sich vorstellen, die während eines 24stündigen Kreislaufes jene Aenderungen, die wir in der Richtung und Stärke des Erdmagnetismus wahrnehmen, hervorbringen sollte, so stößt man gleich Anfangs auf ein

*) Wir haben §. 87 gesehen, daß im Weltraume nothwendig eine Polarkraft — eine electrische oder magnetische — angenommen werden muß, die ebenso wie die Gravitation ihren Centralsitz in der Sonne hat. Wäre diese Kraft eine magnetische, und nähme man die Erde als inductionsfähig, etwa als eine Eisenkugel an, so würde man sich von vielen magnetischen Phänomenen, namentlich auch von der täglichen Bewegung des Erdmagnetismus Rechenschaft geben können. In wie ferne eine electrische Spannung denselben Erfolg, wie Magnetismus haben könnte, läßt sich für jetzt nicht wohl sagen.

Digitized by Google

eigenthümliches Hinderniß. Eine solche Kraft müßte, während sie ihre Periode vollendet, bald eine schnellere, bald eine langsamere Aenderung in der Richtung und Intensität hervorbringen: die Aenderung der Richtung und die gleichzeitige Aenderung der Intensität wären aber von einander nicht unabhängig; vielmehr liegt es in der Natur der magnetischen Verhältnisse, daß, wenn die Intensität ihren größten oder kleinsten Werth erreicht, die Richtung am langsamsten sich ändern muß. Geradezu widerstreitend mit dieser Bedingung bemerken wir, daß um 10 Uhr Morgens — wo die Intensität am geringsten ist — die Declination am schnellsten sich bewegt. Wir müssen daraus schließen, daß die hier wirkenden Einflüsse besondern Bedingungen, für die uns keine Analogie bekannt ist, unterworfen sein müssen.*)

252. Tägliche Bewegung an verschiedenen Puncten der Erde. Die Größe und Form der täglichen Bewegung ist nicht blos nach den Jahreszeiten verschieden, sondern hängt auch von der geographischen Position ab: einigen Begriff von der vorkommenden Verschiedenheit gibt folgende Tabelle:

Beobachtungs-Ort.	Declination (Minuten)		Ḥ. Intensität (Zehntausendstel)	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter
München	9',34	6',37	16,08	5,76
Petersburg	10,07	5,88	14,21	10,32
Greenwich	8,16	7,02	25,63	6,90
Catherinenburg	8,43	3,89	7,68	4,10
Barnaul	7,34	2,96	—	—
Nertschinsk	7,51	2,53	—	—
Toronto	10,70	6,64	22,30	13,76
St. Helena	4,06	3,03	15,62	16,82
Vandiemens-Insel	11,28	5,71	18,95	10,60

Wie die Größe der täglichen Bewegung von der Länge und Breite des Ortes oder von den magnetischen Constanten abhängt, wissen wir jetzt noch nicht: um ein Gesetz in dieser Beziehung zu ermitteln, sind die vorhandenen Bestimmungen weder zahlreich noch vollständig genug.

253. Tägliche Periode, 5 Jahre zu- und 5 Jahre abnehmend. Eine der merkwürdigsten Eigenthümlichkeiten der täglichen Bewegung ist das periodische Zu- und Abnehmen, wovon folgende Bestimmungen der Declinations-Bewegung in München**) als Beispiel dienen können:

*) Es ist bemerkenswerth, daß auch bei den unregelmäßigen magnetischen Bewegungen ein ähnliches Verhältniß sich zeigt: die Declinations-Aenderungen und die Aenderungen der Kraft haben keinen Zusammenhang. Was die Inclination betrifft, so hängt sie sowohl bei der täglichen Bewegung, als bei den Störungen sehr eng mit der Kraft zusammen.

**) Die ersten Jahre in der hier gegebenen Tabelle sind aus den Göttinger Beobachtungen berechnet, unter der Voraussetzung, daß die Bewegung in München um $^1/_{10}$ kleiner sei, als in Göttingen.

Digitized by Google

Jahr.	Größe der Declinations-Bewegung.	Jahr.	Größe der Declinations-Bewegung.
1835	8,62	1843	7,15
1836	11,11	1844	6,61
1837	11,04	1845	8,13
1838	11,47	1846	8,81
1839	9,93	1847	9,55
1840	8,92	1848	11,15
1841	7,82	1849	10,64
1842	7,08	1850	10,44

Ich habe die früheren magnetischen Beobachtungen von Beaufoy in Bushy Heath (1813—1820) und Cassini in Paris (1783—1788) mit den Münchener Bestimmungen zusammengestellt, und daraus erkannt, daß man ein stetiges Zu- und Abnehmen der Declinationsbewegung in einem regelmäßigen Cyclus von $10^1/_3$ Jahren annehmen muß. Die obigen Zahlen schließen sich diesem Cyclus in sehr befriedigender Weise an, zeigen jedoch zugleich, daß auch zufällige Ursachen mitwirken, wie es bei allen magnetischen Erscheinungen wahrscheinlich der Fall ist.

Ich habe ferner Kreil's Beobachtungen in Mailand in den Jahren 1836 und 1837 mit den neueren verglichen, und glaube annehmen zu dürfen, daß auch in der Intensität des Erdmagnetismus ein ähnlicher Cyclus vorhanden sein wird. Zur genaueren Feststellung dieser Thatsache bedürfen wir aber vorerst einer länger fortgesetzten Beobachtungsreihe um so mehr, als wir aus älterer Zeit gar keine Intensitätsbeobachtungen besitzen.

254. Hansteen's 19jährige Periode der Intensität. Seit 1820 hat Hansteen von Zeit zu Zeit in Christiania die horizontale Intensität des Erdmagnetismus mittelst der Schwingungen eines kleinen cylindrischen Magnets, dessen Kraft als constant vorausgesetzt werden kann, bestimmt. Als er nun nach 20jähriger Beobachtung die Zahlen zusammenstellte, bemerkte er darin eine Periode, die mit der Bewegung der Mondknoten etwas Uebereinstimmendes zu haben schien. Die genaue Rechnung bestätigte die Uebereinstimmung in auffallender Weise, und Hansteen hat eine Erklärung in dem Umstande gesucht, daß der Mond ein Schwanken der Erdaxe hervorbringt, was eine veränderte Vertheilung der Wärme an der Erdoberfläche, und insbesondere eine veränderte Lage der heißen Zone zur Folge hat.

255. Magnetische Störungen. Obwohl die magnetischen Störungen in neuester Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker in hohem Grade beschäftiget haben, so kann man doch nicht sagen, daß es bisher gelungen wäre, über die Entstehung oder den Verlauf derselben etwas, den Bedingungen einer Theorie Entsprechendes, zu ermitteln. Die vorzüglichsten Eigenthümlichkeiten, die man bisher erkannt hat, können unter folgende Punkte eingereiht werden:

1) Die magnetische Kraft erleidet unaufhörlich Aenderungen von verschiedenem Betrage, die alle von ähnlichen Ursachen hervorgerufen zu sein scheinen. Nur die größern dieser Aenderungen werden gewöhnlich als magnetische Störungen oder Stürme zum Gegenstande genauer Untersuchung gemacht;

Digitized by Google

2) die Störungen haben ihre tägliche Periode, und man kann sagen, daß die störenden Kräfte eben so wie der regelmäßige Einfluß der Sonne, eine alle 24 Stunden wiederkehrende Bewegung im Erdmagnetismus hervorbringt, mit dem Unterschiede jedoch, daß der Erfolg einen Tag mehr, einen andern Tag weniger kräftig hervortritt. Jede Tageszeit hat demnach ihre vorherrschende Störungsweise, und zwar stellen sich in der Regel die Störungen nur als eine Verstärkung der täglichen Bewegung dar. So finden wir, daß, wenn die Declination in ihrer westlichen Bewegung begriffen ist, sie durch die störende Kraft einen Impuls nach Westen, und wenn sie in östlicher Bewegung ist, einen Impuls nach Osten erhält;

3) es zeigt sich noch eine Analogie mit den täglichen Bewegungen darin, daß die Declination und Horizontal-Intensität sich gewöhnlich nicht gleichzeitig stark bewegen, sondern das eine Element sich am schnellsten ändert, wenn das andere seinen größten oder kleinsten Betrag erreicht hat. Einen Zusammenhang hat übrigens die Declination mit den übrigen Elementen nicht; wohl aber zeigt sich zwischen der Inclination und Intensität ein ganz strenges Abhängigkeitsverhältniß, worüber Näheres noch nicht ermittelt ist;

4) die magnetischen Störungen pflanzen sich in unmeßbarer Zeit über die ganze Erdoberfläche aus, und werden überall gleichzeitig wahrgenommen, äußern sich aber nicht auf gleiche Weise und haben nicht gleichen Verlauf;

5) die Größe der Bewegungen nimmt allmälig zu vom Aequator gegen den Nord- und Südpol hin: in der Aequatorial-Zone selbst trifft man nur geringe Bewegungen an;

6) wir haben unter 2) angegeben, daß die Größe sowohl als die Richtung der Bewegung mit der Tageszeit zusammenhängt; theils aus diesem Grunde, theils wegen eigenthümlicher Abhängigkeit von der geographischen Länge gestalten sich die Störungen in östlich und westlich gelegenen Orten verschieden, jedoch ist der Uebergang nur allmälig.

7) wenn eine große Störung eintritt, so wird bei der Declination eigentlich nur ein Schwingen um die Mittelrichtung hervorgebracht, und die mittlere Declination der Störungstage weicht von dem sonstigen Mittelstande nicht ab. Anders verhält es sich mit den übrigen magnetischen Elementen: jede große Störung hat eine Verminderung der Horizontal-Intensität und eine Vergrößerung der Inclination zur Folge, und gewöhnlich dauert es mehrere Tage, bis der mittlere Stand wieder zurückkehrt. Damit steht auch der oft schon wahrgenommene Umstand in Zusammenhang, daß eine Störung von großem Betrage noch an den folgenden Tagen, aber immer früher eintretend, und immer an Kraft abnehmend, sich wiederholt.

256. Bemerkungen über Entstehung und Form magnetischer Störungen. Zur Erläuterung der obigen Sätze will ich noch einige specielle Angaben beifügen.

So wichtig auch die magnetischen Störungen für die Theorie sind, so würden sie schwerlich so sehr die Aufmerksamkeit gefesselt haben, hätten sie nicht etwas Eigenthümliches, ich möchte sagen, etwas Magisches, insoferne als sie durch unsichtbare Kräfte hervorgerufen werden, wovon keine Spur in den sonstigen Natur-Erscheinungen sich vorfindet. Gewöhnlich ist die Bewegung der Nadel sehr ruhig und langsam, so zwar daß in der Regel die Richtung niemals über 2 Minuten, und die Kraft kaum über den fünftausendstel Theil in Zeit einer Stunde sich ändert: plötzlich tritt eine Unruhe im Stande der Instrumente ein, und nun fangen die Nadeln ihre anscheinend ganz regellosen Be-

Digitized by Google

wegungen an, die sie oft mit solcher Schnelligkeit durchmachen, daß es unmöglich wird, sie zu verfolgen.*)

Um von der eigenthümlichen Gestaltung der magnetischen Bewegungen einigen Begriff zu geben, habe ich in Fig. 87 den Raum verzeichnet, in welchem sich das Nordende der Nadel in München, während der Störung vom 24. Sept. 1847 bewegt hat. Um 3 Uhr 9 Minuten Abends trat die Nadelspitze in diesen Raum bei a ein, war 14 Minuten später bei d', gelangte von da um 4 Uhr 28 Minuten über z nach b, traf um 4 Uhr 56 Minuten bei b', um 5 Uhr 2 Minuten bei c und 2 Minuten darauf bei c' ein, eilte dann schnell in verschiedenen Krümmungen nach d, bewegte sich über e nach f, wo sie um 6 Uhr 29 Minuten sich befand, von da kam sie in 2 Minuten nach g, war um 7 Uhr bei h, und trat etwas vor 9 Uhr bei z aus der Figur heraus. Es gibt dieß allerdings von den Bewegungen der Nadel nur ein sehr unvollständiges Bild; um den Weg selbst, den die Nadelspitze beschrieben hat, darzustellen, wäre eine Zeichnung in großem Maßstabe nothwendig, wie Kreil im III. Bande seines Prager Jahrbuches von der Störung vom 29. und 30. Mai 1840 gegeben hat; und selbst in solchem Falle können nur die Hauptbewegungen dargestellt werden; es ist schon bei der Beobachtung unmöglich, alle kleinen Ausbeugungen, insbesondere das Wellenartige**), was in allen magnetischen Aenderungen wahrgenommen wird, zu verfolgen und aufzuzeichnen.

Man hat sich bemüht, in den magnetischen Störungen gewisse Perioden zu erkennen; ich halte es nicht für unwahrscheinlich, daß es solche gibt, jedoch nicht mit streng bestimmten Zeitintervallen, sondern es sind die Perioden etwa von der Art, wie bei der Wiederkehr der Aequinoctial- und Solstitial-Stürme, mit denen vielleicht ein Zusammenhang stattfinden möchte; wenigstens habe ich die größten Störungen bisher im April und Juli und dann im September oder Oktober beobachtet. Der Winter ist überhaupt die Zeit der magnetischen Ruhe und hat zwar eben so viele kleine, aber entschieden weniger große Störungen, als der Sommer.

257. Magnetische Störungen überall gleichzeitig; Bewegungen nicht parallel. Während die magnetischen Beobachtungen nur auf einen mäßigen Theil des mittleren Europa sich ausdehnten, hatte sich ziemlich allgemein die Ansicht geltend gemacht, daß wenn eine Störung eintritt, sie überall in demselben Augenblicke durch eine übereinstimmende Bewegung sich offenbare. Als später eine genauere Untersuchung vorgenommen wurde,

*) Ich habe selbst Aenderungen der Declination von 10 Bogen-Minuten, in einer Minute Zeit gesehen. In unsern Gegenden kommt jedoch eine so rasche Bewegung außerordentlich selten vor. In den Polar-Regionen dagegen ist es oft der Fall, daß die Bewegung der Instrumente nicht mehr genau beobachtet werden kann. Bravais und seine Gefährten bei der französischen Nord-Expedition 1838—39 haben wiederholt hievon sich zu überzeugen, Gelegenheit gehabt. Schon in Petersburg und Sitka sind sehr rasche Bewegungen nicht selten.

**) Ein gleichförmiges Zu- oder Abnehmen tritt bei den magnetischen Elementen niemals ein, sondern die Aenderung kommt schubweise zu Stande, so daß nach jedem Schub eine kleine rückgängige Bewegung erfolgt. Man wird dabei lebhaft an die Ebbe und Fluth des Meeres erinnert, wo jede folgende Welle etwas weiter kommt, als die vorhergehende, und zwischen je zwei Wellen ein Zurückweichen des Wassers stattfindet. Die magnetischen Wellen sind übrigens ebenso wenig wie die Meereswellen einander gleich; wahrscheinlich werden sie auch nach der geographischen Position verschieden sein. Bei uns dauert der Vorübergang einer magnetischen Welle zwischen 3 und 15 Sekunden. Diese merkwürdige Eigenthümlichkeit der magnetischen Kraft habe ich im Jahre 1841 erkannt, als ich magnetische Instrumente von neuer Construction, und mit sehr leichten luftdicht eingeschlossenen Nadeln versehen, aufgestellt hatte; mit den früher gebrauchten schweren Stäben konnten Bewegungen von so kurzer Dauer nicht beobachtet werden.

Digitized by Google

und Beobachtungen von entfernteren Punkten verglichen werden konnten, mußte jene Ansicht dahin berichtiget werden, daß selbst in nahen Orten zu derselben Zeit nicht genau dieselben Bewegungen wahrgenommen werden, an sehr entfernten Punkten dagegen die Aehnlichkeit gänzlich verschwindet. Auch die Ansicht, wornach jede Störung von einer bestimmten Quelle ausgehen und über die Erdoberfläche sich verbreiten soll, scheint mir nicht begründet, vielmehr halte ich dafür, daß die Aenderungen des Erdmagnetismus zu Stande kommen, wie die eines Magnetstabes. Wird an irgend einer Stelle einem Magnetstabe ein Theil der Kraft entzogen, so gleicht sich die übrig bleibende Kraft augenblicklich im ganzen Stabe wieder aus. Man kann nicht das eine Ende eines Magnets schwächen und dabei dem andern Ende seine ursprüngliche Kraft erhalten; es wird bei jeder vorkommenden Aenderung eine Art magnetisches Gleichgewicht im Augenblicke wieder hergestellt. Es ist dieß ganz etwas Anderes, als eine Strömung, und läßt sich weit leichter als eine Strömung mit den Verhältnissen der Erdkugel vereinbaren; zugleich wird dadurch begreiflich gemacht, wie jede Aenderung, die am Nordpol vorgeht, gleichzeitig am Südpol sich offenbaret *). Hiemit wäre eine strenge Gleichzeitigkeit vorausgesetzt, da aber dennoch die Beobachtung gezeigt hat, daß die gleichzeitigen Bewegungen verschiedener Orte von einander immer mehr oder weniger abweichen, oft sogar eine gänzliche Verschiedenheit sich zeigt, so sind wir genöthigt, anzunehmen, daß in den magnetischen Bewegungen Modificationen stattfinden, die theils in der Natur und Entstehungsweise der Störungen selbst, theils in der geographischen Position und andern Oertlichkeits-Verhältnissen ihren Grund haben können.

258. Modificationen von Süd nach Nord. — Wir wollen nun sehen, was aus den bisherigen Beobachtungen hinsichtlich dieser Modificationen zu entnehmen ist, und zwar betrachten wir zuerst die Modificationen von Nord nach Süd, dann jene von Ost nach West, und beschränken uns für's Erste blos auf die Declination.

In Fig. 88 sieht man die am 28. Aug. 1841 um 1 Uhr Morgens eingetretene Störung graphisch dargestellt, woraus die in demselben Meridian vorkommenden Modificationen sich deutlich nachweisen lassen. Geht man vom Aequator aus gegen Norden oder Süden, so nehmen die Bewegungen stetig an Größe zu; die Form bleibt dabei im Wesentlichen ungeändert. Die südlichen und nördlichen Stationen scheinen auf den ersten Anblick nicht übereinzustimmen, es stellt sich indessen eine vollkommene Harmonie her, sobald man wahrgenommen hat, daß in Süden die Bewegungen eine entgegengesetzte Richtung nehmen. Es ist dieß ein ähnliches Verhältniß, wie wir bereits bei der täglichen Bewegung (§. 250) nachgewiesen haben. Man wird bemerken, daß, je weiter man vom Aequator sich entfernt, desto mehr Abweichungen in der Form sich zeigen. Es haben keine sehr weit gegen Norden oder Süden gelegenen Stationen bei dieser Terminbeobachtung mitgewirkt, und wir wissen nicht, welche Form die Störung gegen die Pole hin angenommen hat; indessen ist aus sonstigen Beobachtungen bekannt, daß in den Polar-Gegenden die Störungen eine außerordentliche Größe erlangen, und ihre Form gänzlich ändern.

*) Bei einem Magnet werden beide Pole zugleich stärker oder beide schwächer: bei der Erde nehmen wir gerade das Gegentheil wahr, denn wenn im Norden die Intensität zunimmt (bei der täglichen Bewegung, wie bei den Störungen), nimmt sie in Süden ab. Dieser Widerspruch ist ohne Zweifel nur scheinbar und dahin zu erklären, daß entweder der Indifferenzpunkt des Erdmagnetismus, oder die Lage der magnetischen Axe, oder beide zugleich sich ändern.

Digitized by Google

Hinsichtlich der Größe der Störungen habe ich ein merkwürdiges Gesetz aus den Beobachtungen abgeleitet. Es gibt nämlich für Europa eine bestimmte „Störungsscala", wornach, wenn in Mailand eine Bewegung von 10′ statt findet, die correspondirenden Bewegungen in München 11′, in Krakau 12′, in Breda 16′, in Göttingen 18′, in Copenhagen 22′ u. s. w. betragen werden. Nach Bravais würde in Boßkop die Schulenzahl 55′ sein, jedoch wird die Form hier schon meistens bis zur Unkenntlichkeit verändert.

259. Modificationen von Ost nach West. Bei Untersuchung der Modificationen, die von Ost nach West eintreten, muß man zuerst den oben angeführten Erfahrungssatz berücksichtigen, wornach an jedem einzelnen Orte die Richtung und Häufigkeit der Störungen von der Tageszeit abhängt, und die Bewegung in der Regel nach demselben Sinne wie die tägliche Bewegung geht. Gesetzt, es wären die Störungen blos eine Verstärkung der täglichen Bewegung, und es trete bei uns eine Störung gegen Abend ein, so wird sich die Nadel östlich bewegen: den Nachmittagsstunden bei uns entsprechen die Vormittagsstunden in Amerika, dort also müßte die Nadel eine westliche Bewegung machen. In der That zeigen die Beobachtungen von Toronto, verglichen mit den Europäischen, daß dieß sehr häufig der Fall ist, und hätten wir Stationen zwischen Toronto und Europa, so müßten solche darunter sich befinden, wo weder eine westliche noch östliche Bewegung vorkäme. Man begreift leicht darnach, daß die Störungen von Ost nach West weit stärker als von Nord nach Süd modificirt werden. Die Tageszeit erklärt übrigens nur zum Theil die verschiedene Gestaltung der Störungen unter verschiedenen Meridianen, und es scheint gleichzeitig noch eine andere und mächtigere Ursache mitzuwirken, welche von Ost nach West die Störungen in ähnlicher Weise modificirt, wie sie dem Obigen gemäß von Nord nach Süd modificirt werden. Stellt man die gleichzeitigen Beobachtungen von Petersburg, Katherinenburg, Barnaul, Nertschinsk, Sitka, Makerstoun, die sämmtlich in der Nähe der Parallele von 55° sich befinden, neben einander, so findet man, daß, wenn in Petersburg eine große Störung eintritt, wie es häufig der Fall ist, in Katherinenburg die Nadel nach derselben Richtung sich bewegt, aber einen weit kleinern Weg zurücklegt: in Barnaul und Nertschinsk geht zwar die Bewegung noch immer in gleichem Sinne, nähert sich aber schon dem Verschwinden: weiter östlich verschwindet sie wahrscheinlich gänzlich, um in Sitka wieder aufzutauchen, aber in entgegengesetztem Sinne: endlich zeigt sich in Makerstoun die Störung wieder in der ursprünglichen Gestalt, nur weniger intensiv als in Petersburg. Fast alle größern Störungen offenbaren sich ganz in der hier beschriebenen Weise, und ich halte es für höchst wahrscheinlich, daß es nicht verschiedene Störungsquellen gebe, sondern alle Störungen dieselbe Entstehungsweise und denselben Verlauf haben, wobei sie jedoch, wie oben bereits angegeben ist, durch die Tageszeit modificirt werden.

Es scheint mir zweckmäßig, hier eine Bemerkung noch beizufügen, die mit dem Vorhergehenden in engem Zusammenhange steht. Man hat mehrere Arten von Störungen unterschieden: als Störungen, die durch große Bewegung, Störungen, die durch einen hohen oder tiefen Stand ohne beträchtliche Bewegung; Störungen, die durch plötzliche Stöße; Störungen, die durch ein beständiges Zittern, aber ohne eine bedeutende Abweichung vom gewöhnlichen Stande sich äußern. Ich halte indessen dafür, daß dieß nicht verschiedenartige Störungen, sondern Modifikationen derselben Störung sind, die in der Tageszeit und in der geographischen Ortsposition ihren Grund haben, also in den vorhergehenden Kategorien eingeschlossen sind. Uebereinstimmend mit

Digitized by Google

dieser Ansicht finde ich auch, daß in Aequatorialgegenden, z. B. in St. Helena und Trevandrum die Störungen überhaupt durch einen hohen oder tiefen Stand sich kund geben, während in Norden und Süden große Bewegungen sich zeigen: ebenso kann man nachweisen, daß eine große Bewegung in einem Orte, sich an einem andern Orte, wo die Verhältnisse eine große Bewegung nicht zulassen, durch beständige Unruhe ausdrückt, was namentlich bei Petersburg und Nertschinsk der Fall ist.

Aus diesen Gründen habe ich nicht geglaubt, die Störungen nach der Art, wie sie sich darstellen, classificiren zu müssen.

Das Vorhergehende gilt nur von der Declination; von den Störungsgesetzen der übrigen Elemente ist wenig oder gar nichts bekannt. Zwar ist uns zur Untersuchung der Horizontalintensität eine ziemlich ausgedehnte Grundlage durch die Terminbeobachtungen gegeben, und wir entnehmen daraus, daß die Bewegungen der Horizontalintensität in demselben Meridian eben so viele Aehnlichkeit haben, wie jene der Declination, und erst in den Polargegenden die Aehnlichkeit nach und nach verschwindet; wir entnehmen ferner daraus, daß die Störungen der Intensität in so ferne eine Analogie mit denen der Declination haben, als sie in beiden Hemisphären in entgegengesetztem Sinne sich äußern.

Eine weitere Untersuchung verspricht indessen wenig Erfolg, weil die Horizontalintensität kein unabhängiges Element ist, sondern mit der Inclination in enger Verbindung steht. Zum Theile diesem Umstande, zum Theile den eigenthümlichen Verhältnissen der Kraft selbst mag es zuzuschreiben sein, daß die Modificationen, welche die Störungen der Horizontalintensität im Sinne der Parallelkreise von Ost nach West erleidet, noch weit weniger Zusammenhang zeigen, als jene der Declination, und jetzt noch kein Gesetz in dieser Hinsicht sich nachweisen läßt. Es ist überhaupt kaum möglich, in der Untersuchung der Störungen weiter fortzuschreiten, bis wir nicht vollständigere Beobachtungen, d. h. solche, die alle drei Elemente, Declination, Intensität und Inclination zugleich umfassen, von den verschiedenen Stationen erhalten. *)

260. Tägliche Periode der Störungen. — Betrachtet man jeden einzelnen Ort für sich, und hebt die größern Abweichungen heraus, so läßt sich entscheiden, in wie weit sie mit der Tageszeit einen Zusammenhang haben. Meines Wissens ist diese Untersuchung bisher nur für München vollständig, und für Toronto zum Theile ausgeführt. Folgende Tabelle gibt die Resultate, so weit sie vergleichbar sind:

---

*) Zur Messung der Inclinationsänderungen gibt es bisher nur ein geeignetes Hülfsmittel, das Inclinationsinstrument von Lloyd: es ist erst nach der ursprünglichen Einrichtung der magnetischen Observatorien construirt worden, und die nachträgliche Aufstellung hat, besonders in den entlegenen Russischen Observatorien vielen Aufenthalt gefunden. Dieß ist um so mehr zu bedauern, als die Inclination gerade das wichtigste Element ist, und keine Bestimmung hinsichtlich des Sitzes der magnetischen Störungen ohne Kenntniß der Inclinationsänderungen erlangt werden kann. Aus den Münchener Beobachtungen habe ich bereits ein merkwürdiges Gesetz abgeleitet, das sich am einfachsten so ausdrücken läßt: die Aenderungen der Horizontalkraft sind genau zweimal so groß, wie die Aenderungen der Totalkraft. Aus dieser Bestimmung läßt sich schließen, in welcher Richtung die störende Kraft selbst liegt, und als Resultat finden wir, daß sie $43^1/_2$ Grad unter dem nördlichen Horizont, in der Ebene des magnetischen Meridians zu suchen ist. Diese Richtung ist so nahe senkrecht auf die Erdaxe oder parallel mit dem Aequator, daß man jedenfalls berechtiget ist, einen Zusammenhang hier zu vermuthen, über welchen die Beobachtungen nördlicher Stationen, sobald wir solche besitzen, sogleich eine Entscheidung möglich machen werden.

Digitized by Google

Stunde.	Declination.				Horizontal-Intensität.			
	Ueberschuß östl. oder westl. Störungen nach Procenten.		Mittlerer Einfluß (Minuten)		Ueberschuß vermehrender oder vermindernder Störungen nach Procenten		Mittlerer Einfluß (Zehntausendstel)	
	Toronto	München.	Toronto	München.	Toronto	München	Toronto	München
			1	1				
2h Morg.	westl. 2	östl. 29	— 0,03	— 0,22	vermind. 44	vermind. 6	— 1,6	— 0,27
4	„ 7	westl. 11	+ 0,02	+ 0,01	„ 39	„ 7	— 1,7	— 0,23
6	„ 70	„ 28	+ 0,18	+ 0,18	„ 41	„ 8	— 1,3	— 0,35
8	„ 64	„ 40	+ 0,40	+ 0,19	„ 12	„ 2	— 1,1	— 0,23
10	„ 68	„ 31	+ 0,20	+ 0,16	„ 13	„ 3	— 1,0	— 0,26
12 Mittg	„ 40	„ 16	+ 0,05	+ 0,10	„ 12	„ 1	— 0,3	— 0,43
2	„ 43	„ 16	+ 0,04	+ 0,16	„ 28	„ 1	— 0,2	— 0,58
4	östl. 14	„ 2	— 0,01	0,00	„ 47	„ 14	— 0,1	— 0,68
6	„ 36	— 0	— 0,17	— 0,14	„ 64	„ 15	— 0,4	— 0,82
8	„ 65	östl. 50	— 0,41	— 0,33	„ 65	„ 5	— 0,7	— 0,49
10	„ 83	„ 60	— 0,49	— 0,41	„ 64	„ 3	— 0,9	— 0,18
12 Nacht	„ 63	„ 14	— 0,22	— 0,30	„ 71	„ 10	— 0,8	— 0,21

Es zeigt sich bei der Declination eine höchst merkwürdige Uebereinstimmung, und wir gelangen zu dem Resultate, daß die Störungen in ganz gleicher Weise zu denselben Tageszeiten in Amerika wie in Europa eintreten, und in beiden Welttheilen ungefähr denselben Einfluß ausüben. *)

Wenn man den Umstand berücksichtiget, daß die Störungen ebenso wie die tägliche Bewegung überall in gleicher Weise nach der Tageszeit sich richten, so scheint es sehr natürlich, auf die Idee zu kommen, daß die störende Ursache eben so wie die Ursache, welche die tägliche Periode zur Folge hat, um die Erde herumgehe, so daß dieselbe Bewegung, die bei uns zu Mittag eintritt, an dem gegenüberliegenden Punkte der Erde erst 12 Stunden später ankommt. Diese Idee ist denn auch mehrfach schon ausgesprochen worden, gewöhnlich in der Weise, daß man zwei Klassen von Störungen unterschied, solche nämlich, die nach der Tageszeit hervortreten, und solche, die überall sich gleichzeitig zeigen: unterdessen bin ich durch eine Vergleichung der Münchener Beobachtungen mit denen von Toronto zu dem unzweifelhaften Resultate gelangt, daß die sämmtlichen Störun-

*) Wie die Verhältnisse in den Polar-Regionen sich gestalten, zeigt folgende Tabelle, welche für das Winterhalbjahr die Resultate der französischen Nordpol-Expedition neben den Münchener Beobachtungen darstellt:

Mittlerer Einfluß der Störungen auf die Declination im Winterhalbjahr.

		München	Boßkop
Morg.	2u	+ 0',24	+ 26',90
	4	— 0,02	+ 35,50
	6	— 0,15	+ 5,50
	8	— 0,18	— 0,60
	10	— 0,18	— 0,80
Mittgs.	12	— 0,16	— 2,30
	2	— 0,17	— 2,60
	4	+ 0,13	— 9,90
	6	+ 0,25	— 14,34
	8	+ 0,43	— 9,10
	10	+ 0,50	— 19 80
Mittern.	12	+ 0,35	— 21,25

Es folgt hieraus, übereinstimmend mit §. 258, daß die Störungen in Norden weit größer sind, als gegen den Aequator; ob in der Periode wirklich einiger Unterschied bestehe, wie die obigen Zahlen andeuten, möchte ich nicht als entschieden betrachten, bis wir nicht durch fernere Beobachtungen eine Bestätigung erhalten.

Digitized by Google

gen an beiden Stationen zu derselben Zeit, aber mit bestimmten Modificationen eintreten, daß es also Störungen, deren Entstehung von der Tageszeit abhängt, nicht gibt. Im Ganzen scheint mir, daß man den bisher beschriebenen Eigenthümlichkeiten am leichtesten entsprechen würde durch die Hypothese, daß die magnetischen Störungen durch electrische Entladungen veranlaßt sind, die von Zeit zu Zeit und zwar in kurzen Intervallen und immer in gleicher Weise sich ereignen, und an allen Punkten der Erdoberfläche gleichzeitig — nach der Tageszeit und Oertlichkeit modificirt — sich zeigen.

Wenden wir uns von der Declination zu der Untersuchung der Horizontal-Intensität, so zeigt die obige Tabelle sogleich, daß die beiden Elemente ganz verschiedenen Bedingungen unterliegen. Zwar geht in Amerika wie in Europa der Einfluß der Störungen durchgängig dahin, die Horizontal-Intensität (und nach §. 259 Note, die ganze Intensität um den halben Betrag) zu vermindern, auch zeigt sich in beiden Welttheilen eine regelmäßige 24stündige Periode, aber weder der Betrag überhaupt, noch der Gang der Periode, noch die Wendepunkte sind dieselben. Daß ein allmäliger Uebergang von einem Meridian zum andern, wie von einer Parallele zur andern, stattfindet, kann kaum bezweifelt werden: die Gesetze, wornach sich dieser Uebergang richtet, lassen sich aus den bis jetzt vorhandenen Materialien nicht nachweisen.

261. Zusammenhang magnetischer Störungen mit andern Erscheinungen. — Bei der völligen Unkenntniß, in welcher wir uns hinsichtlich des Ursprunges der magnetischen Störungen befinden, ist es natürlich, daß manche — größtentheils fruchtlose — Versuche gemacht worden sind, einen Zusammenhang mit andern Erscheinungen zu entdecken oder nachzuweisen. Leitet man die magnetischen Bewegungen überhaupt von atmosphärischen Einflüssen her, so wäre zu erwarten, daß außergewöhnliche atmosphärische Zustände — große Hitze und Kälte, große Trockenheit, und anhaltender Regen, Stürme und Gewitter — auch in den magnetischen Bewegungen eine Wirkung zeigen müßten. Obwohl es nun entschieden ist, daß jeder einzelnen atmosphärischen Störung im Allgemeinen ein Einfluß auf den Erdmagnetismus nicht zugeschrieben werden kann, so möchte ich doch allen Zusammenhang nicht geradezu läugnen, insbesondere habe ich schon sehr häufig gefunden, daß großen Witterungs-Aenderungen eine magnetische Störung vorangegangen ist.

Was insbesondere große Stürme und Gewitter betrifft, so hat man vermuthet, daß sie wegen der dabei vorgehenden electrischen Ausgleichung Einfluß auf die Magnete haben könnten. Alle neuern Beobachter stimmen indessen darin überein, daß ein solcher Einfluß nicht vorhanden sei. Auch bei den stärksten Gewittern zeigen die Magnetometer keine außergewöhnliche Bewegung: insbesondere kann ich die Thatsache hier anführen, daß ich im Jahre 1842 gerade in dem Augenblicke beobachtete, als der Blitz in der Nähe des Observatoriums auf freiem Felde einschlug, und keine besondere Bewegung wahrnehmen konnte.

Kreil hat viele Fälle zusammengestellt, wo magnetische Störungen mit Erdbeben zusammentrafen; darnach hält er einen Zusammenhang beider Erscheinungen für wahrscheinlich. Ein höchst merkwürdiger Fall ist mir selbst in dieser Hinsicht vorgekommen. Am 18. April 1842 um 10 Minuten nach 9 Uhr Morgens sah ich zufälliger Weise bei dem Declinations-Instrumente nach, als die Nadel plötzlich einen Stoß erhielt, daß die Scala aus dem Gesichtsfelde des Fernrohrs hinausfuhr; die Schwingungen dauerten einige Zeit fort, und endlich stellte sich die gewöhnliche Ruhe wieder her. Einige Tage später erhielt ich Nachricht von Colla in Parma, daß er heftige Oscillationen der Nadel beobachtet habe, und die Vergleichung zeigte, daß die Bewegung in Parma in demselben

Digitized by Google

Augenblicke, wie in München, eintrat. Kurze Zeit darnach wurde der Bericht eines französischen Ingenieurs über ein heftiges Erdbeben, welches er in Griechenland beobachtet hatte, bekannt gemacht, und nun ergab sich, daß das Erdbeben in derselben Minute stattgefunden hatte, wo die heftige Bewegung der Nadel in Parma und München bemerkt worden war. Hält man diesen Fall mit den vielen von Kreil und Colla gesammelten Thatsachen zusammen, so läßt sich kaum an dem Vorhandensein einer engern Verbindung zweifeln, wobei jedoch unentschieden bleibt, ob die eine Erscheinung die andere zur Folge hat, oder beide von einer gemeinschaftlichen Quelle ausgehen.

Am meisten haben sich die Physiker bemüht, den oben schon erwähnten Zusammenhang der magnetischen Störungen mit den Polar-Lichtern festzustellen, und näher zu bestimmen. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, bestimmte Merkmale an den Polar-Lichtern zu erkennen, von welchen die Bewegungen der Magnetnadel (Zu- oder Abnahme des Richtungswinkels und der Kraft) abhängen sollten. Die Polarlichter erscheinen in verschiedener Gestalt, an verschiedenen Stellen des Himmels, mit verschiedener Ausdehnung: welche Wirkung diese Umstände haben, oder ob sie einen constanten Erfolg hervorbringen, ist jetzt noch gänzlich unbekannt. Auch muß man nicht unbeachtet lassen, daß Polar-Lichter vielleicht zum Theile als locale Erscheinungen zu betrachten sein möchten, denn sie werden an einem Punkte der Erdoberfläche beobachtet, während an andern Punkten, und zwar in nicht gar zu großer Entfernung keine Spur wahrzunehmen ist; damit ist ein wesentlicher Unterschied zwischen ihnen und den magnetischen Störungen, die entschieden allgemeine Erscheinungen sind, ausgesprochen. Man wird es hiernach sehr begreiflich finden, wenn die Physiker, während sie zwischen den Polarlichtern und den magnetischen Störungen einen Zusammenhang anerkennen, doch verschiedene Ansichten über die Art des Zusammenhanges hegen. Viele glauben sogar, daß die beiden Phänomene blos Aeußerungen derselben wirkenden Ursache seien, ohne sich gegenseitig näher zu bedingen.

Schluß.

Die magnetische Kraft der Erde bildete sonst ein Kapitel der Physik, dem man eben besondere Wichtigkeit zuzuschreiben nicht gewohnt war. In neuester Zeit hat dieses Verhältniß aufgehört, und man muß den Erdmagnetismus jetzt, gleich der Meteorologie, als eigenes Fach betrachten. In so ferne erscheint die Lehre vom Erdmagnetismus als eine neue physikalische Disciplin, sie trägt auch alle Merkmale der Neuheit an sich. Eine einfache und präcise Grundlage vermissen wir darin gänzlich, und die an sich gewiß höchst merkwürdigen Erfahrungs-Resultate bilden isolirte Facta, die theils wegen der Kürze der Zeit, theils wegen sonstiger Unbestimmtheit nicht aneinander angeknüpft werden können. Unterdessen haben wir gesehen, daß durch die großartige Einrichtung der magnetischen Observatorien für zweckmäßige Ansammlung der nöthigen Beobachtungs-Data gesorgt ist; andererseits treffen wir, wo es um theoretische Entwicklung sich handelt, nirgends Schranken an, die unübersteiglich schienen; vielmehr eröffnet sich überall Aussicht auf eine nahe Enträthselung der jetzt noch unaufgelösten Probleme, gerade in dem Maße, als es nöthig scheint, um den Eifer der Forscher aufs kräftigste zu spornen. Unter so günstigen Umständen kann es kaum fehlen, daß in der Lehre vom Magnetismus der Erde schon nach wenigen Jahren die meisten der jetzt vorhandenen Lücken verschwinden werden.

Digitized by Google

Tabellarische Zusammenstellungen.

Tabelle I. Namen und Zeichen der Planeten.

☿ Merur.	Egeria.
♀ Venus.	⚵ Asträa.
♁ Erde.	⚴ Juno.
♂ Mars.	⚳ Ceres.
⚷ Flora.	⚴ Pallas.
Victoria.	Hygiea.
Iris.	♃ Jupiter.
⚶ Vesta.	♄ Saturn.
Metis.	♅ Uranus.
Hebe.	♆ Neptun.
Parthenope.	

Tabelle II. Größe, Anziehung, Beleuchtung, Rotation der Körper unsers Sonnensystems,

so weit sie bisher haben bestimmt werden können.

Planeten	Scheinbarer Durchmesser	Wahrer Durchmesser	Volumen	Masse in Millionstel der Sonnenmasse	Dichtigkeit	Schwere an der Oberfläche.	Licht und Wärme	Rotations-Zeit.
								Tage h ′
Mercur	6″,7	0,391	0,060	0,493	2,94	1,15	6,67	1 0 5
Venus	16,9	0,983	0,957	2,488	0,923	0,91	1,91	0 23 21
Erde	—	1,000	1,000	2,817	1,000	1,00	1,00	0 23 56,1
Mars	5,8	0,519	0,140	0,373	0,948	0,50	0,43	1 0 37,3
Jupiter	38,4	11,225	1414,200	948,835	0,238	2,45	0,037	0 9 55,5
Saturn	17,1	9,022	734,800	285,730	0,138	1,09	0,011	0 10 29,3
Uranus	8,9	4,344	82,000	55,797	0,242	1,05	0,003	—
Neptun	(2,5)	—	—	71,430	—	—	0,001	—
Sonne	32′ 1,8	112,060	1407124,000	. . .	0,252	28,36	—	25 12 —
Mond	317,0	0,264	0,018	0,032	0,619	0,163	1,00	27 7 43,2

Digitized by Google

Tabelle III. Bahn-

für 1. Januar

Planeten.	Mittlere Entfernung von der Sonne.	Siderische Umlaufszeit in Tagen.	Mittlere Länge für 1800.	Mittlere tägliche Bewegung.	Excentricität für 1800.	Jährliche Aenderung.	Länge des Perihels für 1800.
Mercur	0,38709	87,969	112° 5′ 4″,8	4° 5′ 32″,6	0,205616	+ 0″,0063	74° 20′ 5″,8
Venus	0,72333	224,701	146 44 55,8	1 36 7,8	0,006862	— 0,1236	128 43 6,0
Erde	1,00000	365,256	100 53 29,9	59 8,3	0,016792	— 0,0903	99 30 28,6
Mars	1,52369	686,980	233 5 33,9	31 26,7	0,093217	+ 0,1885	332 22 51,2
Jupiter	5,20277	4332,585	81 54 48,6	4 59,3	0,048162	+ 0,2651	11 7 38,0
Saturn	9,53885	10759,220	123 6 29,3	2 0,6	0,056150	— 0,6403	89 8 20,0
Uranus	19,18239	30686,820	173 30 37,2	42,4	0,046611	— 0,0520	167 30 24,0
Neptun*)	30,145	60452,40	326 2 1,3	21.4	0,00505		0 12 25,5

*) Elemente nach Walker für 1. Januar 1847, 0ᵘ mittl. Zeit Greenwich.

Tabelle IV. Bahn-

Planeten.	Mittlere Entfernung von der Sonne.	Siderische Umlaufszeit.	Mittlere Länge.	Mittlere tägl. Bewegung.	Excentricität.	Länge des Perihels	Neigung.
Flora	2,20272	1194,05	50° 32′ 50″,9	18′ 5″,3	0,15552	33° 19′ 26″,4	5° 53′ 59″,7
Victoria	2,3345	1302,88	65 47 23,0	16 34,7	0,21808	66 25 22,2	8 23 1,9
Iris	2,3411	1308,33	337 10 52,7	16 30,6	0,20665	45 10 9,4	5 33 32,9
Vesta	2,36148	1325,485	84 47 3,2	16 17,9	0,088560	249 11 37,0	7 7 57,3
Metis	2,38494	1344,45	144 48 3,9	16 4,0	0,11593	70 12 24,4	5 31 32,2
Hebe	2,4202	1372,09	274 54 2,6	15 42,4	0,19971	15 3 38,2	14 44 25,3
Parthenope	2,4437	1395,3	289 43 26,8	15 28,8	0,10187	312 25 50,8	4 33 36,5
Egeria	2,5719	1506,6	282 14 30,7	14 20,2	0,7704	120 13 58	16 39 25,7
Astraea	2,5768	1510,83	318 44 29,5	14 17,8	0,18796	135 20 56,5	5 19 17,1
Juno	2,66946	1593,067	74 39 43,6	13 33,7	0,255560	54 17 12,7	13 2 10,0
Ceres	2,77091	1684,735	307 3 23,6	12 49,4	0,076738	147 41 23,5	10 36 55,7
Pallas	2,77263	1686,305	290 38 11,8	12 48,7	0,241998	121 5 0,5	34 35 49,1
Hygiea	3,1218	2014,7	198 7 35,0	10 43,3	0,09393	226 39 53,9	3 46 59,1

Digitized by Google

Elemente der großen Planeten.

1800, 0ᵘ mittlere Pariser Zeit.

Jährliche Aenderung.	Größte Mittelpunkts-Gleichung.	Neigung für 1800.	Jährliche Aenderung	Länge des aufsteigenden Knotens für 1800.	Jährliche Aenderung.	Neigung gegen den Aequator.	Gerade Aufsteigung des aufsteigenden Knotens.
+ 4″,815	23° 40′ 43″,0	7° 0′ 5″,9	+ 0″,174	45° 57′ 9″,0	— 6″,687	28° 45′ 8″	10° 29′ 40″
— 1,956	47 10,8	3 23 28,5	+ 0,047	74 51 41,0	— 17,527	24 33 21	7 53 56
+ 11,175	1 55 27,6	0 0 0	— —	0 0 0,0	—	23 27 55	0 0 0
+ 15,584	10 41 33,3	1 51 6,2	— 0,020	47 59 38,0	— 22,291	24 44 24	3 17 20
+ 6,352	5 31 13,6	1 18 51,6	— 0,211	98 25 45,0	— 13,641	23 18 28	3 17 12
+ 16,018	6 26 12,1	2 29 35,9	— 0,142	111 56 7,0	— 18,901	22 38 44	6 0 59
+ 2,415	5 20 32,8	0 46 28,0	+ 0,031	72 59 21,0	— 33,197	23 41 24	1 51 12
		1 45 32,9		129 51 13,5			

Elemente der Asteroiden.

Länge des aufsteigenden Knotens.			
110° 13′ 38″,2	für 1. Novbr.	1847	0ᵘ mittl. Zeit, Berlin, nach Quirling
235 29 49,8	für 0 Januar	1851	mittl. Zeit, Berlin, nach Gould
260 29 44,3	für 1. Septbr.	1847	0ᵘ mittl. Zeit, Greenwich, nach Quirling und Niebour.
103 20 28,0	für 23. Juli	1831	0ᵘ mittl. Zeit, Berlin, nach Encke
68 43 7,2	für 26. April	1848	12ᵘ mittl. Zeit, „ „ d'Arrest.
138 40 20,2	für 10. Juli	1847	0ᵘ mittl. Zeit, „ „ „
125 39 21,2	für 11. Mai	1850	12ᵘ mittl. Zeit, „ „ „
43 13 50,1	für 0 Novbr.	1850	mittl. Zeit, „ „ Santini
141 28 21,3	für 0 Januar	1846	0ᵘ mittl. Zeit, „ „ d'Arrest
170 52 34,5	für 23. Juli	1831	0ᵘ mittl. Zeit, „ „ Encke
80 53 49,7	„ „ „	„	„ „ „ „ „
172 38 29,8	„ „ „	„	„ „ „ „ „
287 55 39,1	für 15. April	1849	0ᵘ mittl. Zeit, Berlin, nach d'Arrest.

Digitized by Google

Tabelle V. Die Nebenplaneten oder Satelliten.

A. Der Mond, Satellit der Erde

am 1. Januar 1801, Mitternacht, Pariser Zeit.

	Tage
Siderische Umlaufszeit	27,321661
Tropische Umlaufszeit	27,321582
Synodische Umlaufszeit	29,530589
Synodische Umlaufszeit der Knoten	346,61985
Mittlere Länge	118° 17′ 8″,3
Länge der Erdnähe	266 10 7,5
Länge des aufsteigenden Knotens	13 53 17,7
Tägliche Bewegung	13 10 35,0
Größte Mittelpunkts-Gleichung	6 17 12,7
Neigung der Bahn gegen die Ecliptik	5 8 47,9
Neigung der Bahn gegen den Aequator	1 28 25,0
Scheinbarer Durchmesser (für die mittl. Entfernung)	0 31 7,0
Wahrer Durchmesser (Erddurchmesser = 1 gesetzt)	0,264
Excentricität	0,0548442
Masse (Erdmasse = 1 gesetzt)	1/88
Volumen (Erde = 1 gesetzt)	0,018
Dichtigkeit (Erde = 1 gesetzt)	0,619
Schwere an der Oberfläche	0,163

B. Satelliten des Jupiter.

Satelliten	Umlaufszeit	Mittlere Entfernung	Masse	Scheinbarer Durchmesser gesehen		Wahrer Durchmesser
				von der Erde	vom Jupiter	
	T. h ′					Meilen
1. Satellit	1 18 28	6,049	0,0000173281	1″,015	31′ 11″	529
2. „	3 13 14	9,623	0,0000232355	0,911	17 35	475
3. „	7 13 43	15,350	0,0000884972	1,488	18 0	776
4. „	16 16 32	26,998	0,0000426591	1,273	8 46	664

C. Satelliten des Saturn.

Satelliten	Umlaufszeit	Mittlere Entfernung
	T. h ′ ″	
1. Satellit	0 22 36 18	2,4682
2. „	1 8 53 3	3,2079
3. „	1 21 18	5,2840
4. „	2 17 45	6,8190
5. „	4 12 25	9,5240
6. „	15 22 41 25	20,7060
7. „	79 7 55	64,3590

D. Satelliten des Uranus.

Satelliten	Umlaufszeit	Mittlere Entfernung
	T. h ′	
1. Satellit	5 21 25	13,120
2. „	8 16 56	17,022
3. „	10 23 4	19,845
4. „	13 11 9	22,752
5. „	38 1 48	45,507
6. „	107 16 40	91,008

Digitized by Google

Die Entfernungen der Satelliten sind in Aequatorial-Halbmessern der Hauptplaneten ausgedrückt.

Bei der Massenangabe der Jupiters-Satelliten ist die Jupitersmasse als Einheit angenommen.

E. Satellit des Neptun nach O. Struve:

T. h ′ ″

Umlaufszeit 5 21 18 ; mittlere Entfernung 17″,89.

Tabelle VI. Elliptische Kometen-Bahnen

(aus dem Olbers'schen Verzeichnisse).

Specielle Nachweisungen und historische Notizen findet man im allgemeinen Verzeichnisse §. 43.

D bedeutet direct oder rechtläufig, R retrograd oder rückläufig.

Nr. Olbers'schen Verz.	Durchgang durch das Perihel mittl. Pariser Zeit	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung und Lauf	Kleinste Entfernung	Mittlere Entfernung	Excentricität	Umlaufszeit in Jahren
	J. T.							
13	1556 Apr. 21. 19h 23,'1	267° 37′,7	176° 33′,8	36° 11′,4 D	0,56554	—	—	292
19	1835 Nov. 15. 22 41,4	304 31,5	55 10,0	17 45,1 R	.	.	0,96739	.
46	1680 Dec. 17. 23 55,5	262 49,1	272 9,5	60 40,3 D	0,00622	426,685	0,99998	8814
76	1763 Nov. 1. 21 4,3	84 57,4	356 17,6	72 34,2 D	.	.	0,99543	.
79	1766 Apr. 26. 23 53,3	251 13,0	74 11,0	8 1,8 D	0,39898	2,934	0,86400	5,025
80	1769 Oct. 7. 15 2,7	144 11,5	175 4,0	40 45,8 D	0,12275	159,737	0,99925	2019
81	1770 Aug. 13. 12 37,6	356 15,2	131 54,9	1 34,5 D	0,67436	3,143	0,78547	5,57
84	1846 Feb. 11. 8 59,7	109 4,4	245 57,3	12 35,4 D	1,15218	4,7364	0,75674	.
92	1783 Nov. 19. 12 0,2	50 3,1	55 45,3	44 53,4 D	1,45440	3,158	0,53953	5,61
96	1845 Aug. 9. 15 11,2	157 44,3	334 19,5	13 7,6 D	.	.	0,84744	.
107	1793 „ 28. 14 33,1	85 59,0	359 4,8	47 35,1 D	1,40003	5,278	0,73476	12,13
118	1807 Sep. 18. 17 53,3	270 54,7	266 47,2	63 10,5 D	0,64612	143,195	0,99549	17,13
122	1811 „ 12. 6 19,9	75 0,6	140 24,7	73 2,4 R	1,03542	211,022	0,99509	3065
123	1811 Nov. 10. 23 55,6	47 27,4	99 1,9	31 17,2 D	1,58211	83,534	0,98271	763,5
124	1812 Sep. 15. 7 40,9	92 18,7	253 1,0	73 57,0 D	0,77714	17,095	0,95454	70,68
127	1815 Apr. 25. 23 58,1	149 1,9	83 28,6	44 29,9 D	1,21287	17,634	0,93122	74,05
131	1819 Juli 18. 21 45,6	274 40,8	113 10,8	10 42,8 D	0,77364	3,160	0,75519	5,62
132	1819 Nov. 20. 6 2,9	67 18,8	77 13,9	9 1,3 D	0,89256	2,263	0,68674	3,40
136	1822 Oct. 23. 23 4,1	271 29,9	92 47,5	52 39,1 R	1,14340	134,152	0,99148	1554
142	1825 Dec. 10. 18 50,5	318 28,9	215 45,0	32° 31,0 R	1,24584	28,474	0,95625	148,15
143	1826 Apr. 22. 5 2,6	115 7,6	198 23,8	40 40,2 D	2,06854	22,390	0,94987	265
149	1827 Sep. 11. 16 36,6	250 57,2	149 39,2	54 4,7 R	0,13784	189,619	0,99927	2611
159	1840 Nov. 13. 16 21,5	22 31,7	248 56,4	57 57,4 D	1,48096	49,120	0,96985	344,3
161	1843 Feb. 27. 4 28,1	277 38,2	350 9,0	38 30,5 R	0,00708	3,433	0,99793	6,36
163	1843 Oct. 17. 3 42,3	49 34,3	209 29,3	11 22,5 D	1,69248	3,812	0,55596	7,44
164	1844 Sep. 2. 11 31,9	342 30,8	63 49,0	2 54,8 D	1,18641	3,103	0,61765	5,47
171	1846 Feb. 25. 8 6,1	116 28,3	102 45,3	30 49,1 D	0,65028	3,123	0,79177	5,52
172	1846 Mrz. 5. 14 1,3	90 34,8	77 35,6	84 57,2 D	0,66310	14,538	0,95439	55,43
174	1846 Juni 1. 2 40,2	239 49,8	260 12,4	31 2,2 D	1,53766	6,321	0,75672	15,89
175	1846 „ 5. 11 39,4	162 5,7	261 52,8	29 18,8 R	0,65371	62,993	0,98994	499,96

Nro. 19. Der Halley'sche Komet. — Nro. 84. Der Biela'sche Komet. — Nro. 92. Eine zweite Bahn von Burckhardt gibt eine Umlaufszeit von 10,0 Jahren. — Nro. 96. Der Encke'sche Komet. — Nro. 122 Die Störungen mitgerechnet, währt der nächste Umlauf 2888 Jahre. — Nro 127. Störungen bis zur nächsten Rückkehr — 824,5 Tage: Rückkehr zum Perihel 1887 Febr. 9,4. — Nro. 132. Eine andere Berechnung von Encke führt auf eine Umlaufszeit von 5,6 Jahren.

Digitized by Google

Tabelle VII. Parabolische Kometen-Bahnen

(aus dem Olbers'schen Verzeichnisse).

Specielle Nachweisungen und historische Notizen finden sich im allgemeinen Verzeichnisse §. 43.

D bedeutet direct oder rechtläufig, R retrograd oder rückläufig.

Nro. des Olbers'schen Verzeichn.	Durchgang durch das Perihel mittlere Pariser Zeit	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung und Lauf	Kleinste Entfernung
	J. v. Chr. alter Styl				
1	371 im Winter	150° bis 210°	270° bis 330°	über 30° R	sehr klein
1a	137 April 29.	230°	220°	20 R	1,0
1b	69 im Juli	315	165	70 D	0,8
1c	12 Sept. 15.	0	35	67 R	0,9
	J. n. Chr.				
1d	240 Nov. 10 0h	271 0′	189 0′,0	44 D	0,371
2	539 Oct. 20. 15	313 30	58° oder 238°	10 0′ D	0,341
3	565 Juli 9. 9	88 0	158 0	62 0 R	0,719
4	568 Aug. 29. 7 55′,2	318 35	294 15	4 2 D	0,907
5	574 Apr. 7. 7	143 39	128 17	46 31 D	0,9629
6	770 Juni 6. 14 15	357 7	90 59	61 49 R	0,642
7	837 Mrz. 1. 0	289 3	206 33	11 R	0,58
8	961 Dec. 30. 3 59,8	268 3	350 35	79 33 R	0,55
9	989 Sep. 12. 0	264 0	84 0	17 0 R	0,57
10	1066 Mai 30. od 31.	120 0	330 0	70° od. 80° R	0,3
11	1097 Sep. 21. 21 36	332 30	207 30	78° 30 D	0,738
12	1231 Jan. 30. 7 22	134 48	13 30	6 5 D	0,948
14	1299 Mrz 31. 7 38	3 20	107 8	68 57 R	0,318
15	1301 Oct. 24. 0	312 0	138 0	13 0 R	0,64
16	1337 Juni 22. 19 16	350 22	99 6	42 54 R	0,9367
17	1351 Nov. 21. 12	69 0	?	? D	1,0
18	1362 Mrz. 2. 8 0	227 0	237 0	32 0 R	0,470
18a	1366 Oct. 13.	66	212	6 ?	0,96
20	1385 „ 16. 6 24	101 47	268 31	52 15 R	0,7737
21	1433 Nov. 4. 10 19,2	281 2	133 49	79 1 R	0,339
22	1468 Oct. 7. 9 59	356 3	61 15	44 19 R	0,853
23	1472 Feb. 28. 22 33	45 33,5	281 46,3	5 20 R	0,5427
24	1490 Dec. 24. 11 26,2	58 40	288 45	51 37 D	0,74
26	1532 Oct. 18. 8 8	111 48	87 28	32 56 D	0,5192
27	1533 Juni 14. 21 20,8	217 40	299 19	28 14 D	0,327
28	1558 Aug. 10. 13	329 49	332 36	73 49 R	0,5773
29	1577 Oct. 26. 18 55	129 22	25 52	74 32,7 R	0,1834
30	1580 Nov. 28. 13 54	109 11,9	19 7,6	64 51,8 D	0,5955
31	1582 Mai 6. 16 9	245 23,2	231 7,3	61 27,8 R	0,2257
	neuer Styl				
32	1585 Oct. 7. 19 30	8 51	37 42,5	6 4 D	1,0936
33	1590 Feb. 8. 3 55	216 54,5	165 30,7	29 40,7 R	0,5766
34	1593 Juli 18. 13 48	176 19	164 15	87 58 D	0,0891
35	1596 Aug. 8. 15 43	288 30,8	315 36,8	52 9,7 R	0,5494
36	1618 Aug. 17. 3 12	318 20	293 25	21 28 D	0,5130
37	1618 Nov. 8. 8 34,2	3 5,3	75 44,2	37 11,5 D	0,3895
38	1652 Nov. 12. 15 50	28 18,7	88 10,0	79 28,0 D	0,8475
39	1661 Jan. 26. 21 18	115 16,1	81 54	33 0,9 D	0,4427
40	1664 Dec. 4. 12 2	130 41,4	81 13,9	21 18,7 R	1,0257
41	1665 Apr. 24. 5 25,2	71 54,5	228 2	76 5 R	0,1065
43	1672 Mrz. 1. 8 47	46 59,5	297 30,5	83 22,2 D	0,6774
44	1677 Mai 6. 0 47,2	137 37,1	236 49,2	79 3,2 R	0,2806
45	1678 Aug. 26. 14 13	327 46,0	161 40	3 4,3 D	1,2380
47	1683 Juli 13. 2 59	85 29,5	173 23	83 11 R	0,5602

Digitized by Google

Nr. der Beobachtungen	Durchgang durch das Perihel mittlere Pariser Zeit J. u. Gbr.			Länge des Perihels		Länge des aufsteigenden Knotens		Neigung und Lauf			Kleinste Entfernung
48	1684 Juni	8.	10h 26′	238°	52′,	268°	15′	65°	48′,7	D	0,9601
49	1686 Sep.	16.	14 43	77	0,5	350	34,7	31	21,7	D	0,325
50	1689 Dec.	1.	15 5	263	44,7	323	45,3.	69	17	R	0,0169
51	1695 Nov.	17.		66		216		22		D	0,8435
52	1698 Oct.	18.	17 7	270	51,2	267	44,2	11	46,3	R	0,6918
53	1699 Jan.	13.	8 32	212	31,1	321	45,6	69	20	R	0,744
54	1701 Oct.	17.	22	133	41	298	41	41	32	R	0,5926
55	1702 Mrz.	13.	14 42,7	138	46,6	188	59,2	4	24,7	D	0,6168
56	1706 Juni	30.	5 6	72	36,4	13	11,4	55	14,1	D	0,4269
57	1707 Dec.	11.	23 52,8	79	58,1	52	50,5	88	37,7	D	0,8590
58	1718 Jan.	14.	21 53,6	121	39,9	127	55,5	31	8,1	R	1,0254
59	1723 Sep.	23.	20 38,4	42	35,2	14	10,0	49	55,4	R	0,9997
60	1729 Jan.	12.	4 19,0	320	27,6	310	38,0	77	5,3	D	4,0431
61	1737 Jan.	30.	8 30	325	55	226	22	18	20,7	D	0,2228
62	1737 Juni	8.	7 48	262	36,6	123	53,7	39	14,1	D	0,8670
63	1739 Juni	17.	11 7	102	34	207	18	55	53	R	0,6716
64	1742 Feb.	8.	15 1,0	216	39,3	185	9,5	67	31,7	R	0,7700
65	1743 Jan.	10.	20 29,6	92	57,8	67	53,9	2	16,3	D	0,8382
66	1743 Sep.	20.	21 26	246	33,9	5	16,4	45	48,3	D	0,5216
67	1744 Mrz.	1.	8 3,0	197	13,1	45	47,9	47	8,5	D	0,2222
68	1747 Mrz.	3.	7 20	277	2,1	147	18,8	70	6,3	R	2,1985
69	1748 Apr.	28.	19 34,7	215	0,8	232	52,3	85	26,9	R	0,8407
70	1748 Juni	18.	21 27,3	278	47,2	33	8,5	67	3,5	D	0,6253
71	1757 Oct.	21.	8 4	122	58,0	214	12,8	12	50,3	D	0,3375
72	1758 Juni	11.	3 27	267	38,0	230	50,0	68	19	D	0,2153
73	1759 Nov.	27.	0 11,9	53	34,3	139	39,7	79	6,6	D	0,8014
74	1759 Dec.	16.	21 13	138	24,6	79	50,7	4	51,5	R	0,9659
75	1762 Mai	28.	8 11,0	104	2,0	348	33,1	85	38,2	D	1,0090
77	1764 Feb.	12.	13 39,0	15	26,0	120	7,5	52	46,6	R	0,5567
78	1766 Feb.	17.	8 50	143	15,4	244	10,8	40	50,3	R	0,5053
81	1770 Nov.	22.	5 48	208	22,7	108	42,2	31	25,9	R	0,5282
83	1771 Apr.	19.	4 25,6	103	57,9	27	56,3	11	15,5	D	0,9020
84	1772 Feb.	19.	2 19,4	110	14,9	254	0 0	18	17,6	D	1,0136
85	1773 Sep.	5.	14 43,1	75	11,0	121	5,5	61	14,3	D	1,1269
86	1774 Aug.	15.	10 55,6	317	22,1	180	49,8	83	0,4	D	1,429
87	1779 Jan.	4.	2 29	87	16	25	5	32	24	D	0,7137
88	1780 Sep.	30.	18 12,8	246	21,3	124	9,3	53	48,2	R	0,0992
89	1780 Nov.	28.	20 26	246	52	141	1	72	3,5	R	0,5153
90	1781 Juli	7.	4 41,3	239	11,4	83	0,6	81	43,4	D	0,7759
93	1784 Jan.	21.	4 56,8	80	44,4	56	49,3	51	9,2	R	0,7078
94	1785 Jan.	27.	7 58,1	109	51,9	264	12,2	70	14,0	D	1,1434
95	1785 Apr.	8.	11 29	297	34,7	64	44,7	87	7,0	R	0,4276
97	1786 Juli	7.	22 0,2	159	25,6	194	22,7	50	54,5	D	0,4101
98	1787 Mai	10.	19 58,0	7	44,1	106	51,6	48	15,8	R	0,3489
99	1788 Nov.	10.	7 34,8	99	8,1	156	56,7	12	27,7	R	1,0630
100	1788 Nov.	20.	7 25,0	22	49,9	352	24,4	64	30,4	D	0,7573
101	1790 Jan.	15.	5 15	60	14,5	176	11,8	31	54,2	R	0,7531
102	1790 Jan.	28.	7 45,5	111	44,6	267	8,6	56	58,2	D	1,0633
103	1790 Mai	20.	11 30,0	274	57,3	35	14,0	63	35,0	R	0,7910
104	1792 Jan.	13.	13 44,2	36	29,7	190	46,2	39	46,9	R	1,2930
105	1792 Dec.	27.	7 56,4	135	52,6	283	14,7	49	7,2	R	0,9668
106	1793 Nov.	4.	20 21,0	228	42	108	29	60	21	R	0,4034
108	1796 Apr.	2.	19 55 1	192	44,2	17	2,3	64	54,5	R	1,5782
109	1797 Juli	2.	53 52	49	34,7	329	16,5	50	35,8	R	0,5254
110	1798 Apr.	4.	12 7,6	105	6,9	122	12,3	43	44,7	D	0,4846
111	1798 Dec.	31.	13 26,4	34	27,4	249	30,5	42	26,1	R	0,7795
112	1799 Sep.	7.	5 6,5	3	41,2	99	30,6	50	57,1	R	0,8400
113	1799 Dec.	25.	41 40,2	190	20,2	326	49,2	77	1,6	R	0,6258

Digitized by Google

Nr. des Olbers'schen Verzeichn.	Durchgang durch das Perihel mittlere Pariser Zeit	Länge des Perihels	Länge des aufsteigenden Knotens	Neigung und Lauf	Kleinste Entfernung
	J. n. Chr.				
114	1801 Aug. 8. 13h 32',0	183° 49'	44° 28'	21° 20' R	0,2617
115	1802 Sep. 9. 21 32,5	232 9,1	340 15,6	57 0,8 D	1,0942
116	1804 Feb. 13. 14 16,3	148 44,8	176 48,0	56 28,7 D	1,0712
118	1806 Dec. 28. 22 2,3	94 4,5	322 18,6	35 4,1 R	1,0819
119	1808 Mai 13. 0 54	69 12,9	322 58,6	45 43,1 R	0,3899
120	1808 Juli 12. 4 10,8	252 38,8	24 11,2	39 19,0 D	0,6079
121	1810 Oct. 5. 19 54,2	63 9,2	308 53,1	62 46,3 D	0,9691
125	1813 Mrz. 4. 12 47,5	69 56,1	60 48,4	21 13,5 R	0,6993
126	1813 Mai 19. 10 27,1	197 43,8	42 40,7	81 2,5 R	1,2161
128	1818 Feb. 25. 13 10,2	182 45,4	70 26,2	89 43,8 D	1,1978
129	1818 Dec. 4. 22 35,3	358 4,8	89 59,9	63 5,5 R	0,8551
130	1819 Juni 27. 17 20,4	287 5,9	273 42,9	80 44,7 D	0,3410
133	1821 Mrz. 21. 13 2,0	239 29,4	48 40,9	73 33,1 R	0,0918
134	1822 Mai 5. 6 32,2	192 63,3	176 38,1	53 48,6 R	0,5027
135	1822 Juli 16. 0 43,9	219 53,8	97 51,4	37 43,1 R	0,8461
136	1822 Oct. 23. 18 37,8	271 40,3	92 44,0	52 39,1 R	1,1451
137	1823 Dec. 9. 10 48,8	274 34,5	303 3,0	76 11,9 R	0,2265
138	1824 Juli 11. 12 26,4	260 16,5	234 19,1	54 34,3 R	0,5913
139	1824 Sep. 29. 1 45,0	4 32,1	279 16,7	54 35,5 D	1,0498
140	1825 Mai 30. 13 16,0	273 55,0	20 6,1	56 41,1 R	0,8891
142	1825 Dec. 10. 4 5,1	318 49,1	215 39,3	33 29,3 R	1,2388
144	1826 Apr. 29. 1 5,4	35 48,2	40 29,2	5 7,3 R	0,1881
146	1826 Nov. 18. 9 56,6	315 31,6	235 7,7	89 22,2 R	0,0269
147	1827 Feb. 4. 22 16,4	33 30,3	184 27,8	77 35,6 R	0,5065
148	1827 Juni 7. 20 20,6	297 31,7	318 10,5	43 38,8 R	0,8081
150	1830 Apr. 9. 7 22,4	212 11,7	206 21,9	21 16,5 D	.
151	1830 Dec. 27. 16 0,3	310 59,3	337 53,1	44 45,1 R	0,1259
152	1832 Sep. 25. 12 52,3	227 54,6	72 26,8	43 18,7 R	1,1895
153	1833 „ 10. 4 36,9	222 51,3	323 0,8	7 21,0 D	0,4584
154	1834 Apr. 2. 19 51,3	276 26,7	226 1,2	5 59,8 D	0,5125
155	1835 Mrz. 27. 13 59,5	207 42,9	58 19,8	9 7,5 R	2,0413
156	1840 Jan. 4. 10 22,9	192 11,8	119 57,8	53 5,5 D	0,6184
157	1840 Mrz. 12. 10 46,2	80 49,3	236 42,7	59 0,9 R	1,2214
158	1840 Apr. 2. 7 40,1	323 40	185 54	79 53 D	0,7492
160	1842 Dec. 15. 23 9,2	327 17,4	207 49,9	73 34,3 R	0,5044
162	1843 Mai 6. 1 27,1	281 27,8	157 14,9	52 44,0 D	1,6158
165	1844 Oct. 17. 9 34,9	180 31,6	31 33,7	48 34,5 R	0,8580
168	1845 Apr. 21. 1 8,7	192 34,2	347 7,0	56 22,8	1,2547
169	1845 Juni 5. 16 32,9	262 0,5	337 48,8	48 55,1	0,4011
170	1846 Jan. 23. 14 38,8	90 17,7	111 14,1	47 4,2	1,4826
173	1846 Mai 25. 22 44,0	84 48,4	161 32,0	57 43,7	1,3534
176	1846 Oct. 29. 18 57,0	98 34,5	4 40,2	49 40,7	0,8308
177	1847 Mrz. 30. 6 49,9	276 4,7	21 44,2	48 39,5	0,0424
178	1847 Juni 5. 23 22,5	141 0,0	173 54,6	79 36,2	2,1159

Tabelle VIII. Säcular-Aenderungen der Planeten-Elemente.

Planeten	Aenderung des Perihelium's	Aenderung der Excentricität	Aenderung der Neigung	Aenderung der Länge des aufsteigenden Knotens
Mercur	4",81515	0",00633	0",17408	— 6,68663
Venus	— 1,95617	— 0,12357	0,04711	— 17,52729
Erde	11,17481	0,09034	—	—
Mars	15,58456	0,18847	— 0,01992	—22,2914 1
Juviter	6,35256	0,26512	— 0,21080	— 13,64148
Saturn	16,01793	— 0,64026	— 0,14217	— 18,90132
Uranus	2,41553	— 0,05198	0,03128	— 33,19737

Digitized by Google

Tabelle IX. Mittlere Oerter der Hauptsterne für 1850 nach Bessel.

Namen	Mittlere ger. Aufsteigung 1850			Jährliche Veränd. 1850	Mittlere Abweichung 1850			Jährliche Veränd. 1850
α Andromedä	0h	0′	38″,514	+ 3″,0822	+ 28°	15′	43″,76	+ 19″,905
γ Pegasi	0	5	31,064	+ 3,0814	+ 14	20	57,01	+ 20,024
α Cassiopeä	0	32	1,576	+ 3,3509	+ 55	42	49,04	+ 19,812
α Eridani	1	32	7.297	+ 2,2370	— 58	0	1,10	+ 18,425
α Arietis	1	58	43,596	+ 3,3616	+ 22	45	1,73	+ 17,278
α Ceti	2	54	26,523	+ 3,1256	+ 3	29	50,97	+ 14,396
α Persei	3	13	38,460	+ 4,2395	+ 49	19	20,26	+ 13,263
α Tauri	4	27	19,044	+ 3,4326	+ 16	12	10,80	+ 7,720
α Aurigä	5	5	36,929	+ 4,4185	+ 45	50	20,71	+ 4,293
β Orionis	5	7	19,807	+ 2,8796	— 8	22	46,22	+ 4,539
β Tauri	5	16	48,799	+ 3,7800	+ 28	28	29,34	+ 3,550
α Orionis	5	47	3,106	+ 3,2461	+ 7	22	26,59	+ 1,126
α Argus	6	20	37,539	+ 1,3320	— 52	36	56,70	— 1,825
α Canis maj.	6	38	32,151	+ 2,6443	— 16	30	53,34	— 4,597
α Geminorum*	7	25	0,883	+ 3,8399	+ 32	12	42,96	— 7,349
α Canis min.	7	31	26,833	+ 3,1459	+ 5	36	16,32	— 8,864
β Gemin.	7	36	7,733	+ 3,6821	+ 28	23	0,73	— 8,233
α Hydrä	9	20	12,834	+ 2,9470	— 8	0	41,10	— 15,355
α Leonis	10	0	22,644	+ 3,2025	+ 12	41	53,24	— 17,380
α Urs. maj.	10	54	25,531	+ 3,7800	+ 62	33	33,63	— 19,333
β Leonis	11	41	24,220	+ 3,0648	+ 15	24	37,38	— 20,094
β Virginis	11	42	52,851	+ 3,1242	+ 2	36	33,99	— 20,299
γ Urs. maj.	11	45	55,271	+ 3,2003	+ 54	31	42,01	— 20,036
α^1 Crucis	12	18	17,540	+ 3,2500	— 62	15	58,00	— 19,905
α Virginis	13	17	17,800	+ 3,1487	— 10	22	37,81	— 18,981
η Ursä maj.	13	41	37,565	+ 2,3758	+ 50	3	48,73	— 18,139
β Centauri	13	53	17,216	+ 4,1435	— 59	38	45,79	— 17,720
α Bootis	14	8	49,223	+ 2,7327	+ 19	57	56,12	— 18,945
α^2 Centauri	14	29	28,286	+ 4,0235	— 60	12	37,99	— 15,130
1α Librä	14	42	23,918	+ 3,3040	— 15	22	14,01	— 15,312
2α Librä	14	42	35,336	+ 3,3059	— 15	24	54,87	— 15,281
β Urs. min.	14	51	11,957	— 0,2710	+ 74	46	5,40	— 14,762
α Coronä	15	28	20,241	+ 2,5370	+ 27	13	21,28	— 12,394
α Serpentis	15	36	52,993	+ 2,9507	+ 6	54	2,69	— 11,685
α Scorpii	16	20	13,107	+ 3,6657	— 26	5	40,29	— 8,504
α Herculis	17	7	48,563	+ 2,7316	+ 14	33	53,79	— 4,497
α Ophiuchi	17	27	58,256	+ 2,7780	+ 12	40	23,73	— 3,005
γ Draconis	17	53	7,606	+ 1,3936	+ 51	30	28,96	— 0,657
α Lyrä	18	31	51,585	+ 2,0304	+ 38	38	47,93	+ 3,050
γ Aquilä	19	39	7,742	+ 2,8547	+ 10	15	4,25	+ 8,399

*) Bei α Geminorum gilt die gerade Aufsteigung für das Mittel beider Sterne; die Abweichung für den folgenden hellern. Nach Mädler's Bahn ist für 1850,5:

Gerade Aufsteigung des schwächern Stern = Gerade Aufsteigung des hellern — 0″,350

Decl. " " " = Decl. " " — 1″,95

Digitized by Google

Namen	Mittlere ger. Aufsteigung 1850			Jährliche Veränd. 1850	Mittlere Abweichung 1850			Jährliche Veränd. 1850
α Aquilä	19h	43′	27″,848	+ 2″,9283	+ 8°	28′	32″,47	+ 9″,117
β Aquilä	19	47	56,773	+ 2,9497	+ 6	2	7,15	+ 8,599
1α Capric.	20	9	19,797	+ 3,3310	— 12	58	6,30	+ 10,705
2α Capric.	20	9	43,743	+ 3,3356	— 13	0	23,37	+ 10,732
α Cygni	20	36	19,126	+ 2,0418	+ 44	44	46,37	+ 12,631
α Cephei	21	14	59,783	+ 1,4391	+ 61	57	2,44	+ 15,063
β Cephei	21	26	42,288	+ 0,8062	+ 69	54	8,30	+ 15,673
α Aquarii	21	58	4,661	+ 3,0827	— 1	2	48,59	+ 17,264
α Pisc. austr.	22	49	21,249	+ 3,3348	— 30	25	2,92	+ 18,881
α Pegasi	22	57	17,519	+ 2,9825	+ 14	23	57,33	+ 19,294
Polaris	1	5	1,302	+ 17,5545	+ 88	30	34,90	+ 19,256
δ Ursä min.	18	20	43,492	— 19,2940	+ 86	35	48,93	+ 1,826

Tabelle X. Bahnen einiger Doppelsterne.

Namen	Umlaufszeit	Zeit des Perihels	Ort d. Perihels vom Knoten gezählt		Knoten		Neigung		Excentricitäts-Winkel		Halbe große Axe
ω Leonis	117,58	1843,41	120°	27′,5	159°	50′,5	50°	38′,2	38°	43′,8	0,851
γ Virginis	145,409	1836,31	78	22,1	60	37,6	24	39,2	60	40,3	3,402
η Coronä	42,50	1807,21	215	10,9	20	6,4	59	28,1	16	48,4	0,902
ζ Herculis	31,468	1829,50	262	4,0	39	26,2	50	52,7	27	2,0	1,189
3062 Struve	146,83	1834,01	42	10,3	77	21,2	38	35,9	35	7,5	0,998
ζ Cancri	58,271	1816,69			33	34,3	24	0,4			0,892
ξ Ursæ maj.	61,30	1817,10	132	28,7	96	21,9	50	55,4	23	48,7	2,295
70 Ophiuchi	92,869	1812,73	142	5,8	126	47,2	64	51,4	26	20,8	5,316
1938 Struve	146,649	1851,57	87	8,2	94	44,2	49	27	58	32	1,320
τ Ophiuchi	87,036	1840,07	145	40	55	5	51	47	2	8,8	0,818
λ Ophiuchi	89,005	1790,31	126	3,5	32	42,1	49	25,1	26	56,3	0,842
ζ Herculis	30,216	1830,42			19	25	44	5,3	25	35,7	1,208
1037 Struve	15,0	1827,72	273	27	156	58	68	17	39	10,0	0,182

Tabelle XI. Dimensionen der Erde.

Breite nördl. od. südl.	Länge des Meridian-Grades in Toisen	Länge eines Grades des Parallels in Toisen	Radius Vector	Verbesserte Breite		
0°	56727,384	57108,520	1,000000	0°	0′	0″,0
5	56731,698	56892,646	0,999975	4	58	0,5
10	56744,509	56246,572	0,999899	9	56	4,5
15	56765,440	55174,930	0,999778	14	54	15,7
20	56793,868	53685,416	0,999612	19	52	37,3
25	56828,948	51788,774	0,999407	24	51	12,1
30	56869,634	49498,744	0,999170	29	50	2,9
35	56914,708	46832,001	0,998907	34	49	11,7
40	56962,813	43808,110	0,998626	39	48	40,2

Digitized by Google

Breite	Länge des Meridian-Grades in Toisen	Länge eines Grades des Parallels in Toisen	Radius Vector	Verbesserte Breite
45°	57012,498	40449,372	0,998836	44° 48′ 29″,5
50	57062,257	36780,748	0,998045	49 48 39,5
55	57110,576	32829,699	0,997763	54 49 10,3
60	57155,973	28625,998	0,997499	59 50 0,9
65	57197,058	24201,533	0,997259	64 51 9,8
70	57232,562	19590,076	0,997052	69 52 34,9
75	57261,389	14827,010	0,996884	74 54 13,7
80	57282,645	9949,043	0,996759	79 56 3,0
85	57295,668	4993,901	0,996683	84 57 59,7
90	57300,056	0,000	0,996657	90 0 0,0

Tabelle XII. Zeitrechnung.

Zeit, welche die Sonne braucht, um zu demselben Fixstern zurückzukommen (sideriſches Jahr) . . . . . 365 T. 6 St. 9 Min. 10,4 Sec.

Zeit, welche die Sonne braucht, um wieder zum Aequinoctialpunkte zurückzukehren (tropiſches Jahr) . . . . 365 T. 5 St. 48 Min. 50,5 Sec.

Länge des Sterntages . . . . . 23^h 56′ 4″,091 (mittlere Sonnenzeit).

Länge des mittlern Sonnentages 24 0 0,000 " "

Länge des wahren Sonnentages

(Ende December) 24 0 30,0 " "

(Mitte September) 23 59 39,0 " "

Folgende Tabelle zeigt ungefähr die mittlere Zeit im wahren Mittag, *) und die Sternzeit im mittlern Mittag:

Dat.	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	October	Novbr.	Decber.
	Mittlere Zeit im wahren Mittag											
1	0^h 3′,8	0^h 13′,9	0^h 12′,7	0^h 4′,1	23^h 57′,0	23^h 57′,4	0^h 3′,3	0^h 6′,0	23^h 59′,9	23^h 49′,8	23^h 43′,7	23^h 49′,2
6	6,1	14,4	11,6	2,6	56,4	58,2	4,2	5,6	58,3	48,2	43,8	51,2
11	8,2	14,6	10,3	1,1	56,1	59,1	5,0	5,0	56,6	46,9	44,2	53,4
16	10,0	14,4	8,9	23 59,8	56,1	0 0,2	5,6	4,1	54,9	45,7	44,9	55,8
21	11,6	14,0	7,4	58,7	56,2	1,2	6,0	3,0	53,1	44,8	46,0	58,2
26	12,9	13,2	5,9	57,7	56,6	2,3	6,2	1,7	51,4	44,1	47,4	0 0,7
31	13,8	11,8	4,4	57,0	57,2	3,3	6,1	0,3	49,8	43,8	49,2	3,2
	Sternzeit im mittlern Mittag											
1	18^h 42′	20^h 45′	22^h 35′	0^h 37′	2^h 35′	4^h 38′	6^h 36′	8^h 38′	10^h 40′	12^h 39′	14^h 41′	16^h 39′
6	19 2	21 4	55	57	55	57	56	58	11 0	58	15 1	59
11	22	24	23 14	1 17	3 15	5 17	7 15	9 18	20	13 18	20	17 19
16	41	44	34	36	35	37	35	37	40	38	40	38
21	20 1	22 3	54	56	54	57	55	57	59	58	16 0	58
26	21	23	0 14	2 16	4 14	6 16	8 15	10 17	12 19	14 17	19	18 18
31	41	51	33	35	34	36	34	36	39	37	39	37

*) Die mittlere Zeit im wahren Mittag ist die Zeit, welche eine Räderuhr zeigen soll, wenn eine Sonnenuhr Mittag zeigt: man kann also die obige Tabelle zur Regulirung der Uhren benützen. Die Sternzeit im mittleren Mittag kann benützt werden, um zu wissen, wann ein gegebener Stern im Mittag ist; z. B. am 26. August trifft der Mittag auf 10^h 17′, und da die gerade Aufsteigung von α Aquilä (Tab. IX) 19^h 43′ ist, so kommt er 9 Stunden und 26′ nach dem mittlern Mittag, also um 9^h 26′ Abends, und ist sichtbar am Abend: dagegen ist die gerade Aufsteigung von α Leonis 10^h 0′. Dieser Stern geht also um 17′ der Sonne voran, und ist Abends nicht zu sehen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1.

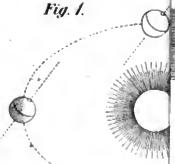


Fig. 6.

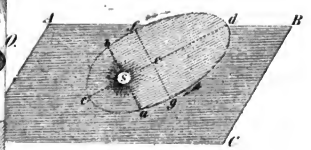


Fig. 7.

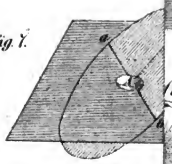


Fig. 12.

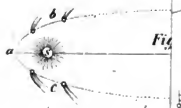


Fig. 15.

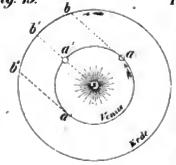


Fig. 21.

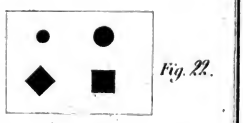
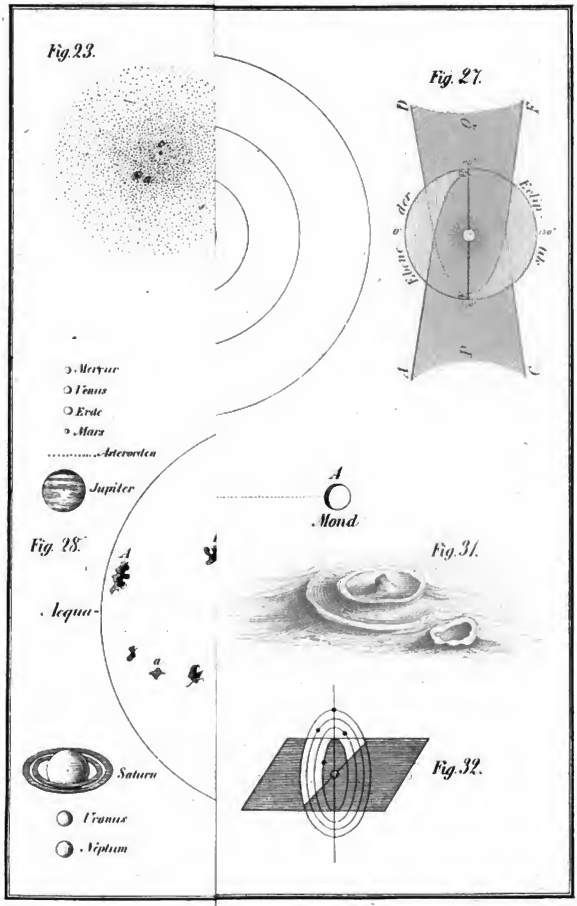


Fig. 22.

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

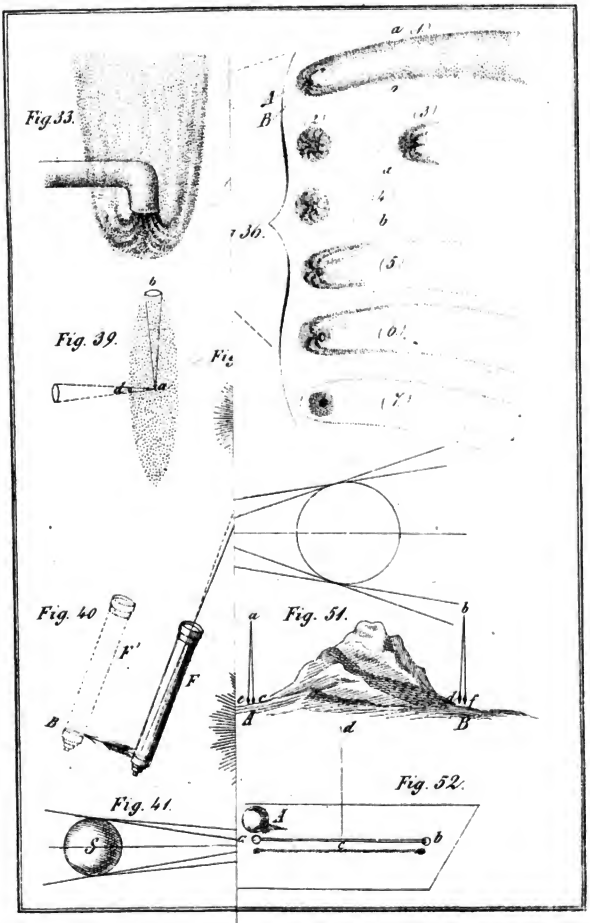


Fig 33.
Fig. 39.
Fig. 40
Fig. 41.
Fig. 51.
Fig. 52.
A
B
a
b
c
d
e
f
F
F'
S

Digitized by Google

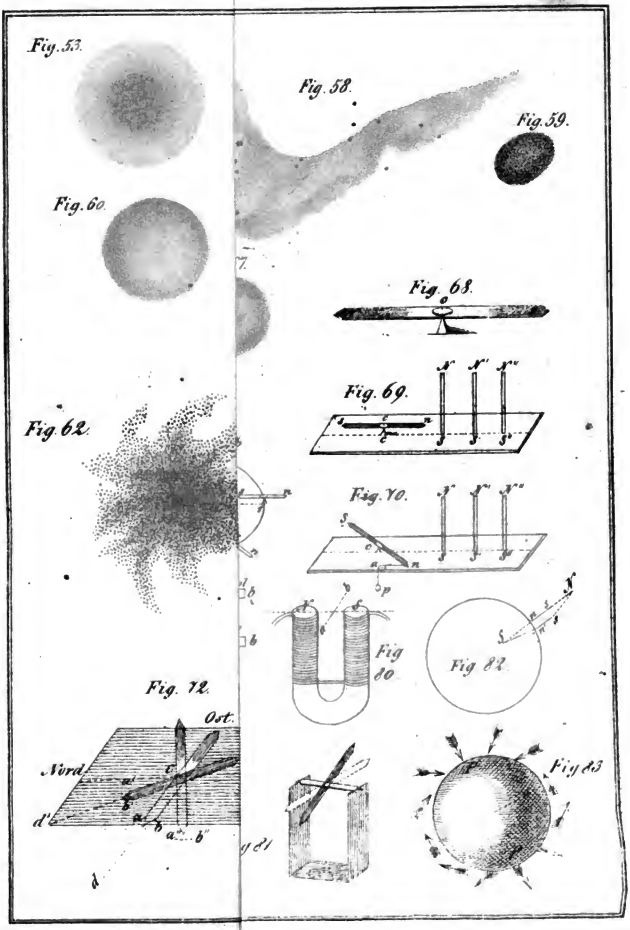


Fig. 53.
Fig. 58.
Fig. 59.
Fig. 60.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 62.
Fig. 70.
Fig 10
Fig 82.
Fig. 72.
Ost.
Nord
Fig 83

Digitized by Google

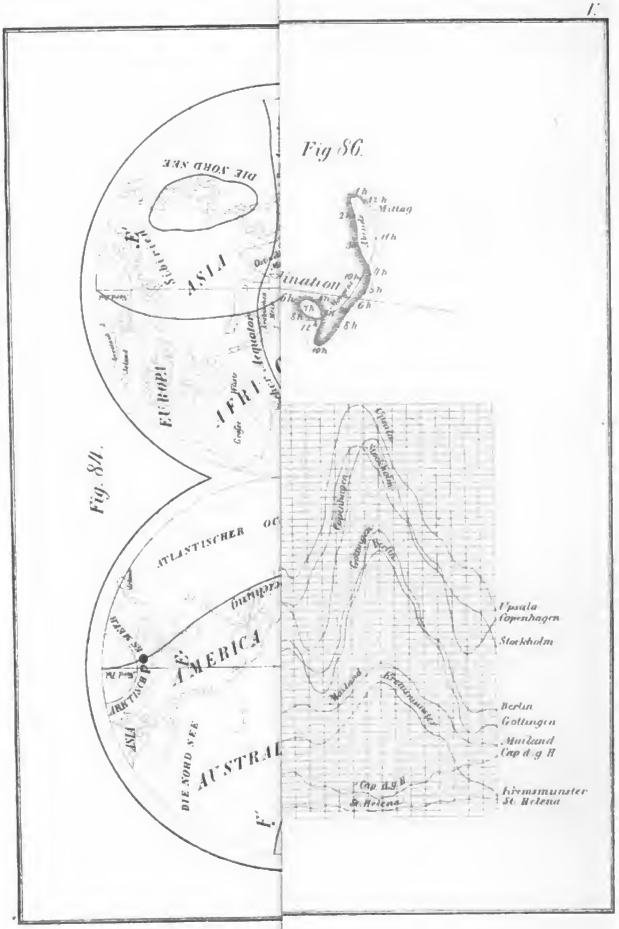


Fig. 86.
Mittag
Aequator
Fig. 87.
DIE NORD SEE
ASIA
EUROPA
AFRICA
ATLANTISCHER OC
AMERICA
AUSTRAL
DIE NORD SEE
Upsala
Copenhagen
Stockholm
Berlin
Gottingen
Mailand
Cap d. g. H
Kremsmunster
St. Helena

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

258.

Werner.
Digitized by Google